

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektrotechniky

Rekonstrukce veřejného osvětlení ve vodní elektrárně Nosice
Reconstruction of public lighting of hydroelectric power plant
Nosice

2020

Bc. Ladislav Mišovec

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ladislav Mišovec**

Studijní program: N2661 Projektování elektrických systémů a technologií

Téma: **Rekonstrukce veřejného osvětlení ve vodní elektrárně Nosice**
Reconstruction of public lighting of hydroelectric power plant Nosice

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor svítidel a světelných zdrojů používaných pro veřejné osvětlení.
2. Světelné technické návrhy jednotlivých osvětlovacích soustav.
3. Kompletní projekt osvětlení vodní elektrárny.
4. Ekonomické zhodnocení navrženého řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Dvořáček, K.: Příručka pro zkoušky projektantů elektrických zařízení. IN-EL, Praha 2018
- [2] Sokanský, K.: Světelná technika. ČVUT, Praha 2011
- [3] Habel, J.: Světlo a osvětlení. FCC Public, Praha 2013
- [4] Manuály k výpočetním programům - Relux, Dialux, WILS

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Mlčák, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2019

Datum odevzdání: 30.04.2020



doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.
vedoucí katedry

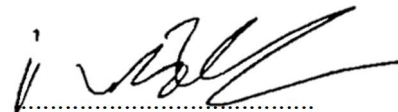


prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prehlásenie študenta

Prehlasujem, že túto diplomovú prácu som vypracoval samostatne. Uviedol som všetky literárne
pramene a publikácie, z ktorých som čerpal.

V Pruskom dňa: 14.mája 2020

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'i' followed by a series of loops and a long horizontal stroke.

podpis študenta

Pod'akovanie

Rád by som poďakoval Ing. Tomášovi Mlčákovi, Ph.D. za odbornú pomoc a konzultácie pri vytvorení tejto diplomovej práce. Ďalej by som rád poďakoval Ľubošovi Žiačekovi za organizáciu v spoločnosti a Milošovi Rajníkovi za odbornú pomoc a v neposlednom rade Petrovi Hochlovi za pomoc pri zhotovení leteckých záberov elektrárne.

Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby

„Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce vypracované Bc. Ladislavom Mišovcom dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v magisterských programech VŠB-TU Ostrava.“

Dne: 5. května 2020

Slovenské elektrárne, a.s.
Mlynské nivy 47
821 09 Bratislava
Katarína Skovajsová
HR Business Partner

Katarína Skovajsová

HR Business Partner

HR Business Partnering KE

Úsek ľudských zdrojov a organizácie riadenia

Slovenské elektrárne, a. s.,

821 09 Bratislava, Slovenská Republika

Mlynské Nivy 47

Tel: +421 32 654 2282

Mobil: +421 910 674 248

Email: katarina.skovajsova@seas.sk

Abstrakt

Táto diplomová práca pojednáva o vypracovaní projektovej dokumentácie verejného osvetlenia vodnej elektrárne Nosice, ktorú som vykonával v 2. ročníku Vysokej školy báňskej - Technickej univerzity Ostrava, študijný program Projektovanie elektrických systémov a zariadení. Hlavným cieľom tejto diplomovej práce bolo vyhotoviť analýzu súčasného verejného osvetlenia vodnej elektrárne Nosice. Na základe zistených výsledkov vyhotoviť svetelno-technické návrhy jednotlivých osvetľovaných priestorov. Ďalej podľa navrhnutých komponentov vypracovať elektro časť projektu verejného osvetlenia. A ako posledné som zhrnul návratnosť inštalácie, počiatočné náklady a celkové uspokojené finančné prostriedky za časový horizont 20 rokov. V závere tejto práce je celkové hodnotenie priebehu diplomovej práce.

Kľúčové slová

verejné osvetlenie; elektráreň; LED svietidlá; PLC; DALI

Abstract

This diploma thesis deals with the elaboration of project documentation for public lighting of the Nosice hydroelectric power plant, which I performed in the 2nd year of VSB - Technical University of Ostrava, study program Designing of Electrical Systems and Technologies. The main goal of this diploma thesis was to make an analysis of the current public lighting of the Nosice hydroelectric power plant. On the basis of the obtained results, make lighting technical designs of individual illuminated areas. Furthermore, based on the proposed components, develop the electrical part of the public lighting project. Lastly, I summarized the return on installation, the initial costs and the total savings over a time horizon of 20 years. At the end of this work is the overall evaluation of the course of the diploma thesis.

Key words

public lighting; power plant; LED lights; PLC; DALI

Obsah

Úvod	- 13 -
1 Základné pojmy a prvky verejného osvetlenia.....	- 14 -
1.1 Svetelné veličiny	- 14 -
1.2 Osvetľovacia sústava.....	- 14 -
1.3 Svietidlo	- 15 -
1.4 Svetelné zdroje	- 16 -
1.5 Stožiare a výložníky	- 19 -
1.6 Istenie osvetľovacích sústav s LED	- 19 -
1.7 Komunikačné rozhranie	- 20 -
2 Súčasný stav verejného osvetlenia	- 23 -
2.1 Vodná elektráreň Nosice	- 23 -
2.2 Meranie súčasného stavu.....	- 24 -
2.3 Podmienky v priebehu merania.....	- 25 -
2.4 Meracie prístroje	- 25 -
2.5 Postup merania	- 25 -
2.6 Udržovací činiteľ	- 26 -
2.7 Príklad výpočtu	- 26 -
2.8 Hodnotenie merania osvetlenia	- 28 -
3 Svetelne technický návrh osvetľovacích sústav	- 30 -
3.1 Základné požiadavky.....	- 30 -
3.2 Návrh osvetlenia pre vonkajšie oplatenie	- 33 -
3.3 Návrh osvetlenia pre rozvodňu 110 kV	- 34 -
3.4 Návrh osvetlenia pre vtoky a mostovka	- 38 -
3.5 Návrh osvetlenia pre výtoky.....	- 42 -
3.6 Návrh osvetlenia pre parkovisko.....	- 43 -
4 Elektro-projekt verejného osvetlenia.....	- 45 -
4.1 Riadiaci systém	- 45 -
4.2 Prevodník na komunikačné rozhranie	- 46 -
4.3 Modul snímača vonkajšieho osvetlenia.....	- 46 -
4.4 Zvodič prepätia.....	- 47 -

4.5	Popis technológie pre vonkajšie oplatenie	- 48 -
4.6	Popis technológie pre rozvodňu 110kV	- 48 -
4.7	Popis technológie pre vtoky a mostovku.....	- 49 -
4.8	Popis technológie pre parkovisko a výtoky.....	- 49 -
5	Ekonomické zhodnotenie	- 50 -
5.1	Rozpočet.....	- 50 -
Záver.....		- 53 -
Použitá literatúra.....		- 54 -

Zoznam použitých skratiek a symbolov

Skratka	Význam
5G	Piata generácia mobilnej komunikácie
CIB (Common installation bus)	Komunikačná zbernica
COB (Chip on board)	Technológia LED čipov
CP-1006	Riadiaci systém
DALI	Digitálne adresovateľné svetelné zariadenie
DIP (Dual in-line package)	Technológia montáže el. tech. súčiastok do dier
I/O	Vstupno/výstupné
HPS (High-pressure sodium)	Vysokotlaková sodíkový výbojka
LED	Svetlo emitujúca dióda
Li-Fi	Bezdrôtová komunikácia
NN	Nízke napätie
p.a.	per annum (ročne)
PLC	Programovateľný logický automat
PMMA	Polymetylmetakrylát (plexisklo)
SEAS	Slovenské elektrárne a.s.
SMD (Surface mounted device)	Technológia montáže el. tech. súčiastok na povrch
UV	Ultrafialové žiarenie
VE	Vodná elektráreň
VN	Vysoké napätie
VO	Verejné osvetlenie

Zoznam použitých veličín

Symbol	Jednotka	Význam symbolu
Svetelné veličiny		
E	lx	Osvetlenosť
GR	-	Oslnenie
Φ	lm	Svetelný tok
L	cd/m ²	Jas
I	cd	Svietivosť
R_a	-	Index podania farieb
T_c	K	Teplota chromatickosti
U_o	-	Rovnomernosť osvetlenia
η	lm/W	Merný výkon
λ	nm	Vlnová dĺžka
Ostatné veličiny		
E	J	Energia
f	Hz	Frekvencia
I	A	Elektrický prúd
l	m	dĺžka
P	W	Činný výkon
p	Pa	Tlak
R	bps	Bitová rýchlosť
S	VA	Zdanlivý výkon
T	°C	Teplota
t	h	Čas
U	V	Napätie
v	km/h	Rýchlosť

Zoznam tabuliek

<i>Tabuľka 1.1</i>	<i>Farba svetla [4]</i>	14
<i>Tabuľka 1.2</i>	<i>Prehľad parametrov pre svetelné zdroje používané vo verejnom osvetlení [2]</i>	16
<i>Tabuľka 1.3</i>	<i>Parametre VE Nosice [2]</i>	23
<i>Tabuľka 1.4</i>	<i>Normatívne požiadavky pre osvetlenosť VE [18]</i>	26
<i>Tabuľka 1.5</i>	<i>Namerané hodnoty osvetlenosti parkoviska</i>	26
<i>Tabuľka 1.6</i>	<i>Technické parametre svietidla MEGIN II M [10]</i>	31
<i>Tabuľka 1.7</i>	<i>Technické parametre svietidla SiCOMPACT® A3 MAXI [11]</i>	32
<i>Tabuľka 1.8</i>	<i>Technické parametre svetelného zdroja HPS</i>	32
<i>Tabuľka 1.9</i>	<i>Výpočet osvetlenia vonkajšieho oplatenia</i>	33
<i>Tabuľka 1.10</i>	<i>Výpočet osvetlenia chodníkov rozvodne 110 kV</i>	35
<i>Tabuľka 1.11</i>	<i>Výpočet osvetlenia polí rozvodne</i>	36
<i>Tabuľka 1.12</i>	<i>Výpočet osvetlenia vtokov</i>	38
<i>Tabuľka 1.13</i>	<i>Zatriedenie cestnej komunikácie podľa ČSN EN 13 201-1 [19]</i>	39
<i>Tabuľka 1.14</i>	<i>Normatívne požiadavky na určený druh komunikácie ČSN EN 13 201-2 [19]</i>	39
<i>Tabuľka 1.15</i>	<i>Výpočet osvetlenia mostovky</i>	40
<i>Tabuľka 1.16</i>	<i>Výpočet osvetlenia výtokov</i>	42
<i>Tabuľka 1.17</i>	<i>Výpočet osvetlenia parkoviska</i>	43
<i>Tabuľka 1.18</i>	<i>Sumár svietidiel pôvodného osvetlenia</i>	52
<i>Tabuľka 1.19</i>	<i>Sumár svietidiel navrhovaného osvetlenia</i>	52
<i>Tabuľka 1.20</i>	<i>Energetické náklady</i>	51
<i>Tabuľka 1.21</i>	<i>Servisné náklady - pôvodná osvetľovacia sústava</i>	51
<i>Tabuľka 1.22</i>	<i>Servisné náklady - navrhovaná osvetľovacia sústava</i>	51
<i>Tabuľka 1.23</i>	<i>Cenová kalkulácia návratnosti</i>	52
<i>Tabuľka 1.24</i>	<i>Cenová kalkulácia návratnosti porovnaním sodíkových a LED svietidiel</i>	52

Zoznam obrázkov

Obrázok 1.1	Graf priebehov merných výkonov [1]	18
Obrázok 1.2	Koncentrácia LED čipov pri rôznych technológiach [21]	18
Obrázok 1.3	Priebeh prúdu pri zopnutí LED svetelného zdroja [5]	20
Obrázok 1.4	Príklad zapojenia zbernice DALI pomocou 5-žilového káblu [3]	21
Obrázok 1.5	Princíp zapojenia DALI zbernice [3]	22
Obrázok 1.6	Vodná elektrárň Nosice (Priehrada Mládeže)	23
Obrázok 1.7	Areál vodnej elektrárne NOSICE – pozície meraných referenčných úsekov	24
Obrázok 1.8	Poškodenie krytov svetidiel a nejednotnosť farby svetelných zdrojov	27
Obrázok 1.9	Svietidlo ELEKTROSVIT 446 27 03 125 W	28
Obrázok 1.10	Svietidlo ELEKTROSVIT 444 28 02 250 W	28
Obrázok 1.11	Svietidlo MEGIN II M [10]	31
Obrázok 1.12	Svietidlo SiCOMPACT A3 MAXI [11]	32
Obrázok 1.13	Vyžarovacia charakteristika svetelného zdroja HPS [11]	32
Obrázok 1.14	Vyžarovacia charakteristika typ L05 [10]	33
Obrázok 1.15	Vizualizácia osvetlenia oplotenia areálu	34
Obrázok 1.16	Vizualizácia osvetlenia rozvodne 110 kV	35
Obrázok 1.17	Rozvodňa 110 kV (pohľad od železničnej trate)	36
Obrázok 1.18	Vizualizácia osvetlenia polí rozvodne 110 kV	37
Obrázok 1.19	Vyžarovacia charakteristika typ L04 [10]	40
Obrázok 1.20	Vizualizácia osvetlenia vtokov	41
Obrázok 1.21	Vyžarovacia charakteristika typ L06 [10]	42
Obrázok 1.22	Vyžarovacia charakteristika typ L01 [10]	43
Obrázok 1.23	Vizualizácia osvetlenia výtokov a parkoviska	44
Obrázok 1.24	Svetelný rozvádzač +R5.86	45
Obrázok 1.25	Riadiaca jednotka CP-1006 [13]	46
Obrázok 1.26	Schéma zapojenia prevodníku C-DL-0064M [14]	46
Obrázok 1.27	Snímač C-RI-0401I [15]	46
Obrázok 1.28	Zvodič prepätia ZS-1 275 DS RS TYP 2 + 3 [16]	47
Obrázok 1.29	Základná topológia komunikácie	47
Obrázok 1.30	Dispozícia svetelného rozvádzača +R6.90 v rozvodni NN	48
Obrázok 1.31	Zapojenie vývodu na osvetlenie parkoviska a výtokov	49
Obrázok 1.32	Skutočná životnosť LED svetelného zdroja	52

Úvod

V súčasnej dobe je vývoj svetelnej techniky v najväčšom rozmachu. Na osvetlenie sú kladené čím ďalej, tým väčšie požiadavky. Z jednej strany, aby svetelné zdroje boli čo najvýkonnejšie a z druhej strany, aby boli čo najviac ekologické. Svetelné zdroje by mali dosiahnuť čo najväčšiu účinnosť, životnosť by mala byť stále väčšia, ale zabúdať nemôžeme ani na kvalitatívne a kvantitatívne požiadavky. Základom diplomovej práce je návrh verejného osvetlenia pre vodnú elektrárňu Nosice. Cieľom rekonštrukcie je výmena zastaralej osvetľovacej sústavy, zníženie energetickej náročnosti a zvýšenie svetelného komfortu pre pracovníkov a technikov v elektrárni.

V prvej kapitole sú popísané základné pojmy a prvky verejného osvetlenia, na ktoré nadväzujú moderné technológie ich ovládania pomocou komunikačného rozhrania.

Druhá kapitola obsahuje meranie skutočného stavu svetelných veličín verejného osvetlenia vodnej elektrárne Nosice, kde som aplikoval teoreticky nadobudnuté znalosti a vyskúšal prácu v "teréne", popis vyhodnotenia takého merania a určenia záveru z nameraných dát.

V tretej kapitole sú podľa požiadaviek na osvetlenie vypracované návrhy na osvetlenie jednotlivých priestorov. V návrhoch pre jednotlivé priestory sú popísané použité svetelné zdroje, ich dispozícia na stožiaroch, plán údržby. Obsahuje tiež praktické modelovanie v software BuildingDesing.

V štvrtej kapitole je popísaný, podľa navrhnutých svietidiel, komplet elektro projekt. Projekt sa zaoberá istením a riadením verejného osvetlenia. Projektová dokumentácia je vypracovaná v software EPLAN Education.

V piatej kapitole je zhrnutý finančný dopad novej osvetľovacej sústavy. Pri cenovej kalkulácii je použitý program CENKROS4. Sú v nej určené realizačné, servisné aj energetické náklady na súčasnú aj novú sústavu. Zo zistených údajov plynie predpokladaná návratnosť inštalácie.

1 Základné pojmy a prvky verejného osvetlenia

1.1 Svetelné veličiny

Intenzita osvetlenia E (lx)

Vyjadruje pomer dopadajúceho svetelného toku k osvetlenej ploche. Intenzita osvetlenia 1 lx je, ak svetelný tok 1 lm dopadá rovnomerne na plochu 1 m².

Svetelný tok ϕ (lm)

Vyjadruje množstvo svetelnej energie (celkového množstva žiarenia), ktoré vyžiari zdroj svetla s prihliadnutím na citlivosť ľudského oka (charakterizuje svetelný výkon zdroja svetla).

Svietivosť I (cd)

Vyjadruje určitým smerom vyžarovaný svetelný tok (závislosť svetelného toku vyžiareného do priestorového uhla).

Jas L (cd/m²)

Jas svetelného zdroja alebo osvetlenej plochy, je rozhodujúci pri vnímaní jasnosti svetla.

Svetelná účinnosť η (lm/W)

Vyjadruje ako účinne mení zdroj svetla dodanú elektrickú energiu (príkon) na viditeľné svetlo.

Index farebného podania R_a (-)

Hodnotenie dôvernosti farebného vnemu, ktorý vznikne osvetlením z konkrétneho zdroja v porovnaní s tým, aký farebný vnem by vznikol pri slnečnom svetle. Hodnota CRI môže byť 0 (nedajú sa rozoznať farby) až 100 (prirodzené, dokonalé rozoznanie farieb). Pre interiéry, s trvalým pobytom ľudí, je predpísaná hodnota aspoň 80. Pre verejné osvetlenie minimálne 20<.

Farba svetla T_c (K)

Taktiež nazývaná teplota chromatickosti charakterizuje farbu svetla. Udáva sa v Kelvinoch (K). Vyjadruje teplotu absolútne čierneho telesa, ktorého svetlo vyvolá rovnaký farebný dojem. Tento údaj je dôležitý najmä pri LED zdrojoch a žiarivkách. [1], [3], [4]

Tabulka 1.1: Farba svetla [4]

2800 K	Wolfrámová žiarovka
< 3300 K	Teplá biela (Warm White)
3300 - 5000 K	Studená biela (Cool White)
> 5000 K	Denná biela (Daylight)
5500 K	Fotografické blesky a výbojky
6000 K	Jasné denné svetlo na obed
10 000 K	Rovnomerne zamračená obloha

1.2 Osvetľovacia sústava

Osvetľovacia sústava je ucelený systém, ktorý je zostavený z jednotlivých častí. Zahŕňa svietidlá, svetelné zdroje, oporné a nosné prvky, elektrický rozvod, rozvádzače, ovládací systém, atď.

1.3 Svietidlo

Svietidlo je zariadenie, ktoré slúži k osvetľovaniu. Skladá sa zo svetelne-činnnej časti (optika) slúžiacej k usmerňovaniu svetelného toku svetelného zdroja, elektrotechnickej a konštrukčnej časti, ktorá slúži k montáži a upevneniu svietidla. Medzi hlavné časti patria objímky, vypínače, vnútorné a vonkajšie vedenie vodiča, pripojovacie a prepojavacie svorky, predradníky, kondenzátory alebo zapalovače. Každý svetelný zdroj má svoje špecifické pripojovacie podmienky. Svietidlá používané vo vonkajšom osvetlení potrebujú predradníky deliace sa na elektromagnetické a elektronické. [4]

Predradník

Elektromagnetický predradník sa radí medzi indukčné. Najviac sa používa tlmivka alebo štartér. Tieto zariadenia majú však veľmi nízku účinnosť spôsobenú nízkou frekvenciou svetla (50Hz). Jednotlivé súčiastky sa časom degradujú, čím znižujú účinnosť predradníku a tiež vďaka svojmu princípu s oneskorením reagujú na výkyvy v elektrickej sieti, čím znižujú životnosť výbojky. Elektromagnetický predradník preto nemôžeme regulovať a funguje len na daný výkon. Kvôli použitiu feritového jadra tlmivky môže dochádzať k nežiadúcemu bzučaniu. [12]

Elektronický predradník má oproti elektromagnetickému výrazne lepšie vlastnosti. Moderné predradníky fungujú na princípe frekvenčného meniča napätia. Pracujú na frekvenciách 30-50 kHz. Vďaka elektronike okamžite reaguje na výkyvy v sieti a dodáva svetelnému zdroju vždy optimálne napätie a prúd. Väčšina digitálnych predradníkov umožňuje prepínanie výkonu. Je ho tak možné použiť pre rôzne veľkosti výkonov. Účinnosť je tiež výrazne vyššia, nakoľko spotreba samého predradníku je približne tretinová oproti elektromagnetickej variante. Neobsahuje žiadny transformátor. Je teda úplne tichý. Súčiastky v čase nemenia svoje vlastnosti a ich účinnosť je tak po celú dobu života približne rovnaká. Stredná doba života elektronických predradníkov je tiež výrazne dlhšia ako u elektromagnetických predchodcov. Za tieto výhody sa platí vyššia cena, ktorá sa však na úsporách vráti niekoľkokrát počas doby užívania predradníka. [12]

Optická časť svietidla

Slúži pre distribúciu svetelného toku do požadovaného smeru, ale taktiež ho môžu usmerniť do presne určeného svetelného zväzku. K tomu sa využívajú reflektory, šošovky, refraktory alebo difúzory. Existujú však aj svetelné zdroje s takým konštrukčným usporiadaním, že už netreba upravovať ich svetelno-technické vlastnosti. Ide o tzv. reflektorové zdroje (halogenidové žiarovky, halogenidové výbojky, kompaktné žiarivky, indukčné výbojky, svetelné diódy), ktoré sa používajú pre smerové osvetľovanie. Svietidlá v tomto prípade slúžia hlavne k upevneniu, ochrane a napájaniu týchto svetelných zdrojov. [17]

Mechanická časť svietidla

Svietidlá musia vydržať bežné zaobchádzanie pri skladovaní, transporte, manipulácií a inštalácií. Tomu musí byť prispôsobený návrh konštrukcie svietidiel. Pevnosť a mechanickú odolnosť svietidiel ovplyvňujú použité materiály a kvalita vyhotovenia konštrukcie svietidla. Ak sú svietidlá používané v ťažkých prevádzkových podmienkach, sú požiadavky na mechanickú pevnosť svietidiel vyššie. Väčšiu pevnosť svietidiel môžeme dosiahnuť, napríklad pridaním výstuh, prelisovaním plechových častí alebo pri odlievateľných konštrukciách, použitím výstužných rebier. Medzi mechanické časti môžeme zahrnúť ochranné mreže a sklá, nosné konštrukcie, závesy, upevňovacie časti atď. [17]

1.4 Svetelné zdroje

Sú zdroje premieňajúce elektrickú energiu na svetelnú. Ide o hlavnú časť svetelnej sústavy. Pri voľbe zdroja je potrebné poznať ich jednotlivé parametre a účel použitia, aby sme navrhli čo najkvalitnejšiu a hospodárnu sústavu. Svetelné zdroje môžeme rozdeliť do troch skupín, a to teplotné, výbojové a svetelné diódy. Teplotné svetelné zdroje fungujú na prechode elektrického prúdu vodivou látkou, ktorá sa ohrieva na vysokú teplotu a vysiela vplyvom teplotného pohybu optické žiarenie. Výbojové svetelné zdroje fungujú pri vznikaní elektrického výboja v plynách a parách rôznych kovov. Využívajú premenu elektrickej energie na kinetickú, ktorá sa pri zrážkach s atómami plynu mení na optické žiarenie. Svetelné diódy vyžarujú energiu v podobe fotónu pri samovoľnom návrate elektrónmi vybudeneho stavu do základného energetického stavu. [1], [4]

Tabulka 1.2: *Prehľad parametrov pre svetelné zdroje používané vo verejnom osvetlení [2]*

Typ	Kompaktné žiarivky	Ortuťové vysokotlakové výbojky	Sodíkové vysokotlakové výbojky	Halogenidové výbojky	LED
Merný výkon [lm/W]	65-95	50-80	70-115	70-100	110-200
Index podania farieb Ra [-]	80-100	50	25	80	70-80
Doba životnosti na 80% [h]	20000	20000	24000	20000	100000
Teplota chromatickosti [K]	2700-6500	3500-4200	2000	3000-4000	2600-8500

Vysokotlakové ortuťové výbojky

Vysokotlakové ortuťové výbojky majú hlavnú časť svetla vznikajúcu v banke v ortuťovom výboji pri parciálnom tlaku prevyšujúcom 100 kPa. Tato definícia sa vzťahuje na výbojky s čírou vonkajšou bankou i s bankou pokrytou luminoforom, v ktorých časť svetla vzniká vo výboji a časť pomocou luminoforu pri ultrafialovom žiarení. Prechodom napätia na výbojku vznikne výboj medzi pomocnou a najbližšou hlavnou elektródou. Pomocou horáku, ktorý je umiestnený v banke, a obsahuje rezistor, je výboj stabilizovaný. Pomocný výboj spôsobuje predbežnú ionizáciu výbojového priestoru a uľahčuje rozvinutý výboj medzi hlavnými elektródami. Týmto spôsobom nie je potrebné mať iné zapalovacie zariadenie a zapáli sa pri sieťovom napätí. Horák okrem stabilizácie výboja (stabilita teplotná a prúdová) pohlcuje aj nadbytočné ultrafialové žiarenie a funguje ako plocha k nanieseniu luminoforu. Používajú sa na osvetlenie peších zón, záhrad, parkov, nákupných pasáží, interiérov a vedľajších komunikácií. [1]

Vysokotlakové sodíkové výbojky

Vysokotlaková výbojka sa vyznačuje dominantnou zložkou v žltej časti viditeľného spektra s vlnovou dĺžkou 589 nm. Princíp činnosti: žiarenie sodíkových pár s pracovným parciálnym tlakom v rozmedzí 3 - 60 kPa. Horák je zhotovený z priesvitného korundu. Trubica je na oboch koncoch uzavretá prúdovými priechodkami rôzneho vyhotovenia, ktoré sú ku korundovej trubici pripájkované pomocou sklenej spájky. Kvalita spájky rozhodujúcim spôsobom ovplyvňuje životnosť výbojky. Priechodky musia odolávať dlhodobému pôsobeniu sodíkových a ortuťových pár pri vysokých pracovných teplotách a veľkým teplotným zmenám pri zapínaní a vypínaní výbojky. Horák sa plní inertným plynom. Najvhodnejší je xenón, pretože zaisťuje najmenšie teplotné straty vo výboji a najväčší merný výkon. Sortiment vysokotlakových sodíkových výbojok a pohybuje v príkonových radách od 50 W do 1 kW. [1], [3]

Halogenidové výbojky

Halogenidové výbojky majú vnútorné zariadenie, horák, na zapáľovanie výboja, ktoré zaisťujú vysokonapäťový impulz 1,8 kV až 5 kV. Výboj najskôr vzniká v parách ortuti a interného plynu. S postupným nárastom teploty sa zvyšuje koncentrácia halogenidu vo výboji. Teplota sa ustáli po 5 až 10 minútach a v okolí horáku sa začne vplyvom vysokej teploty štepiť na atómy halogenidu a atómy príslušného kovu, ktoré sa vybudia a žiaria. Zároveň sa vytvorí gradient koncentrácie týchto atómov v radiálnom smere, ktoré prestupujú späť k stenám horáku s nižšou teplotou, kde sa opäť zlučujú na pôvodnú zlúčeninu. Kvôli tomuto cyklu dosahujú dlhú životnosť a spektrálne zloženie. Sú ale vďaka tomu, oproti ostatným zdrojom drahšie, a preto sa ich používanie obmedzilo na osvetľovanie historických miest, budov, hotelov, divadiel a štúdií. [1], [4], [3]

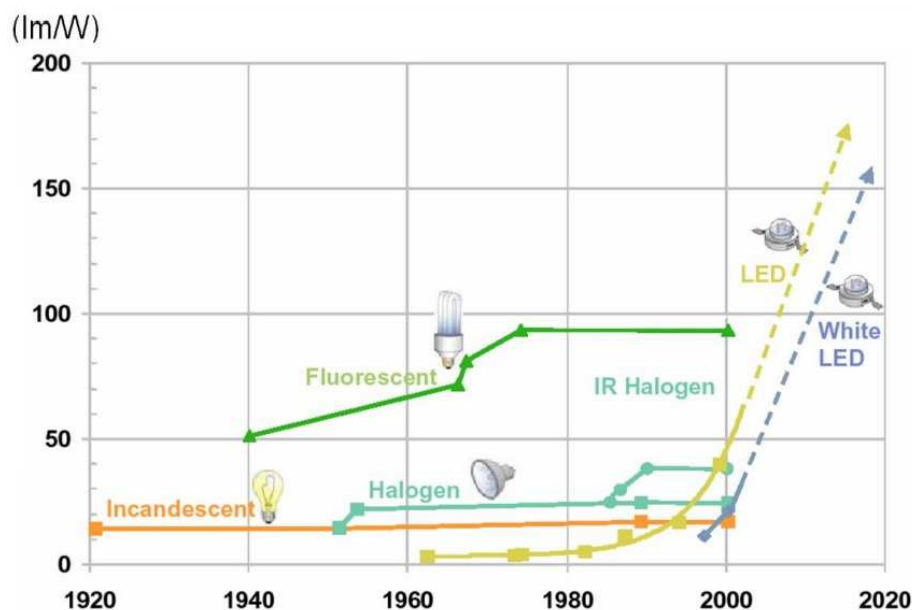
Kompaktné žiarivky

Kompaktné žiarivky vyrábajú svetlo na rovnakom princípe ako žiarivky. Pary ortuti sú vplyvom elektrického poľa medzi elektródami vybudené k emisii neviditeľného UV žiarenia. Vnútna strana skla je opatrená vrstvou špeciálnej látky - luminoforu, ktorá premieňa UV žiarenie na viditeľné svetlo. Výberom luminoforu je možné docieľiť rôzne farby svetla. Stmievať kompaktné žiarivky môžeme iba tie, ktoré sú vybavené regulátorom. Pri chladných podmienkach sú špeciálne kompaktné žiarovky, ktoré sa používajú na prevádzku až pri teplotách do -30 °C. Kvôli závislosti svetelného toku na teplote, a veľkých rozmeroch ich svietiacich častí limitujúcich možnosť usmernenia svetelného toku, sa používajú na osvetlenie menej dôležitých komunikácií. Hlavné výhody: produkujú svetelný tok s vyšším indexom podania farieb, v porovnaní so žiarovkami dosahujú výrazné úspory energie a majú väčšiu dobu životnosti, vyžarujú nízke jasy. [1], [4]

LED

V posledných rokoch sa stále vo väčšej miere používajú v najrôznejších oblastiach svetelnej techniky. Za svoje rozšírenie vďaka predovšetkým rastúcemu mernému výkonu. LED diódy pracujú na princípe prechodu prúdu cez PN prechod, tým vyžarujú UV svetlo, ktoré pomocou luminiscencie transformované na viditeľné svetlo. Polovodičový prechod vyžaruje veľmi úzke spektrum, žiarenie je v podstate monochromatické. V súčasnosti sú však na trhu prvky všetkých potrebných farieb s troma čipmi v jednom puzdre. Ďalším spôsobom je použitie LED čipu, na ktorého vnútro sa naniesie vrstva aktívnej hmoty, ktorá na princípe podobného luminoforu, čiastočne prevedie žiarenie na iné vlnové dĺžky viditeľného spektra. V oblasti všeobecného používania môžeme využívať iba LED diód s bielou

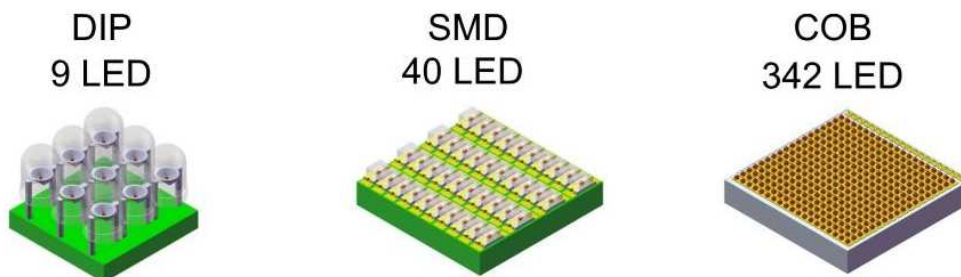
farbou svetla. V dôsledku vysokej závislosti PN prechodu na teple sa výrobcovia dostávajú na maximálny príkon 5 W. Tomu zodpovedá svetelný tok 140 lm, index podania farieb $80 <$ a doba životnosti až 50 000 h. [1], [4]



Obrázek 1.1: Graf pribehov merných výkonov [1]

COB (Chip on board)

Svetelné diódy COB využívajú koncentráciu jednotlivých LED čipov na malej ploche, kde sú LED čipy umiestnené na keramickom plošnom spoji a pokryté vrstvou luminoforu. Tým je zaistený rovnomerný rozvod tepelných emisií z čipu. Vyššou integráciou LED čipov môžeme dosiahnuť vyšší svetelný výkon ako s klasickými LED diódami. Ďalšou výhodou je rovnomerná distribúcia svetelného toku z celej plochy čipov. Medzi výkonové LED diódy sa radia diódy s príkonom 1W a vyšším. Veľkou výhodou je veľké množstvo svetelného toku na malej ploche čo, ale spôsobuje oteplenie, ktoré musíme chladiť. V porovnaní s inými technológiami dokážeme získať najväčší merný výkon práve z technológie COB. [1], [4], [21]



Obrázek 1.2: Koncentrácia LED čipov pri rôznych technológiach [21]

1.5 Stožiare a výložníky

Stožiare predstavujú podperné prvky vo verejnom osvetlení, na ktoré sa upevňujú nosné prvky s jedným alebo viacerými svietidlami. Základné pojmy sú definované v norme. Označovanie osvetľovacích stožiarov a výložníkov je rôzne. Každá firma má svoje značenie, ktoré je uvedené v katalógu. Podľa materiálov sa delia stožiare na oceľové, hliníkové, liatinové, plastové, betónové alebo drevené.

Najpoužívanjšie stožiare vo verejnom osvetlení sú oceľové, hliníkové, liatinové. Betónové a drevené stožiare sa vo veľkých mestách, pre novo budované osvetľovacej sústavy, nepoužívajú. Naopak, v menších mestách sa pre verejné osvetlenie využívajú betónové stožiare vedenia nízkeho napätia. Podľa menovitej výšky rozlišujeme stožiare cestné, pre osvetľovanie komunikácií vyšších tried, parkovísk a väčších odstavňových plôch a sadové pre osvetľovanie komunikácií nižších tried, chodníkov, parkov a námestí. Medzi cestné stožiare radíme stožiare nominálnej výšky 8 - 16 m, ktoré sú určené pre montáž svietidiel pomocou ramena. Sadové stožiare výšky 4 - 6 m sú určené pre montáž svietidiel priamo na dŕiek alebo pomocou krátkeho ramena.

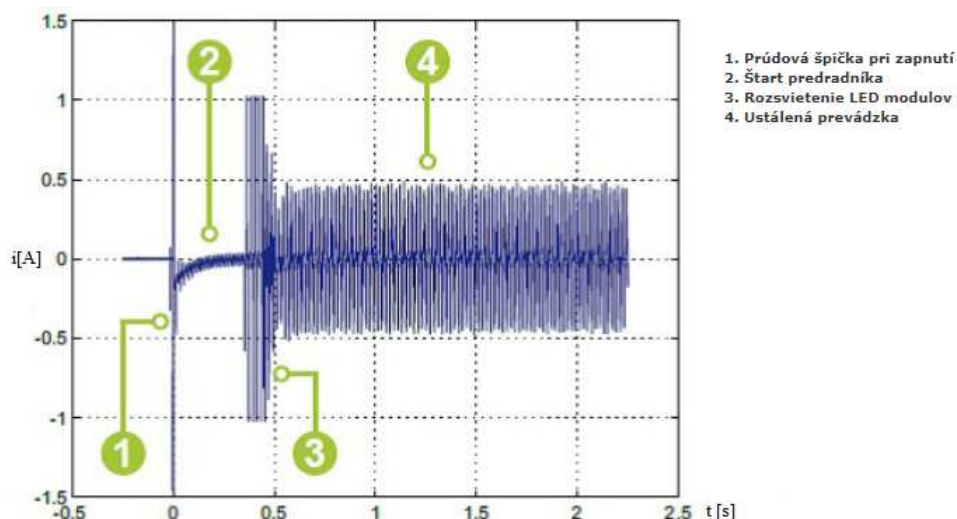
V historických zástavbách sa používajú atypické stožiare s atypickými výložníkmi. Osvetľovacie stožiare môžu byť jedenkrát alebo viackrát odstupňované v prírubovom vyhotovení. V súčasnej dobe sa vo veľkých mestách používajú stožiare bezpäťkové. V starších osvetľovacích sústavách sa nachádzajú stožiare päťkové.

Stožiare a výložníky sú dodávané s rôznou povrchovou úpravou. Zvyčajne sa používajú stožiare zinkované ponorom alebo so základným a vrchným náterom. Doba životnosti je závislá na povrchovej úprave a koróznom prostredí, v ktorom sa stožiar alebo výložník nachádzajú. Katalógové listy osvetľovacích stožiarov aj s rozpočtom sa nachádzajú v prílohe C. [3]

1.6 Istenie osvetľovacích sústav s LED

Pri návrhu istenia osvetľovacích sústav s LED svetelnými zdrojmi sa stretávame s bežným problémom istenia spínaných zdrojov, ktorý predstavuje vysoká prúdová špička pri zapnutí. Predradník v svietidle je spínaný zdroj s charakterom nelineárnej záťaže. Pri zopnutí väčšieho počtu svietidiel môže, v závislosti od kvantity a kvality daných svietidiel a predradníkov, dochádzať k nežiadúcemu odpojeniu od siete nadradenými istiacimi prvkami. Nárazový prúd sa rovná až 250-násobku nominálneho prúdu. Príčinou je nabíjanie kompenzačných kondenzátorov. Táto prechodová špička (*Obrázok 1.3*, bod 1) trvá kratšie ako 1 ms. Následne dochádza k rozbehu predradníka (nasledujúce 0,1 - 1,5 s), kedy je odoberaný prúd nižší ako nominálny (*Obrázok 1.3*, bod 2).

Niektoré predradníky obsahujú na vstupe termistor s negatívnym teplotným koeficientom NTC. Pri prvom zapnutí predradníka je termistor studený a má vysoký odpor, takže pracuje ako rezistor a obmedzuje nábehový prúd. Počas chodu je termistor zohriaty a jeho odpor je malý. Nastáva problém pri rýchlom vypnutí a zapnutí napájacieho zdroja. Termistor nestihne vychladnúť na teplotu okolia, čiže nedokáže odporom obmedziť nábehový prúd v dostatočnej miere. Na veľkosť nábehového prúdu významne vplýva aj okamih zopnutia. Pri samotnom zapálení LED modulu (*Obrázok 1.3*, bod 3) je odoberaný prúd približne dvojnásobný ako nominálny prúd.



Obrázek 1.3: Priebeh prúdu pri zopnutí LED svetelného zdroja [5]

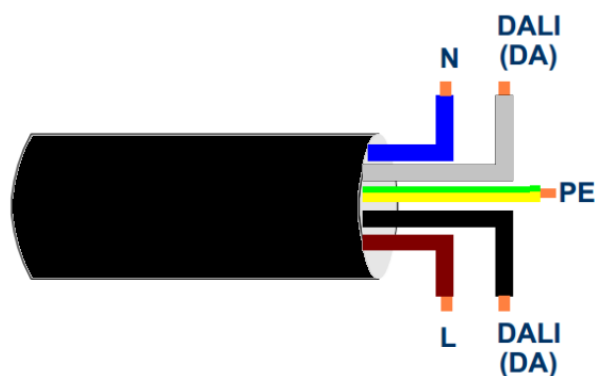
Zopnutím polovodičového relé z nevodivého stavu do vodivého, práve v okamihu prechodu napätím nulou, minimalizujeme nábehové prúdy v porovnaní s náhodným zopnutím. Ďalšou možnosťou redukcie nábehových prúdov LED osvetľovacích sústav je použitie stýkačov na kompenzáciu, ktoré sú určené na redukciiu nábehových prúdov pri spínaní kapacitných záťaží. Stýkače sú vybavené blokom pomocných kontaktov a odporovými elementami na zníženie zapínacích prúdových špičiek. Pri zopnutí najskôr tečie prúd cez odpory, ktoré obmedzujú veľkosť nábehového prúdu, po krátkom čase sú odpory vyradené. Redukcia nábehových prúdov je dôležitá pri návrhu istenia. V závislosti od jej účinnosti dovoľuje použitie istiacich prvkov s menším nominálnym prúdom. Na trhu s elektroinštalacnými prvkami sú k dispozícii modulárne prístroje, ktoré kombinujú polovodičové spínanie a mechanický kontakt pre zlepšenie impedancie a dlhšiu elektrickú životnosť. Niektorí výrobcovia LED predradníkov udávajú tabuľky, ktoré pomáhajú vybrať typ nadprúdovej ochrany pre inštalácie s viacerými predradníkmi pripojenými paralelne. [6], [5]

1.7 Komunikačné rozhranie

Digitálne adresovateľné svetelné rozhranie je otvorený štandard pre riadenie elektronických predradníkov. Za pomoci jednej dvojlinky môžeme riadiť individuálne alebo komplexne až 64 elektronických predradníkov, max. 16 skupinových adres a max. 16 svetelných hodnôt scén. Pretože každý prvok má svoju vlastnú adresu, je možné jednotlivé prvky individuálne nastavovať. Môžu byť taktiež zlúčené do skupiny a môžeme nastaviť skupine jednotné nastavenie. Tento štandard bol vyvinutý firmou Philips, v roku 1984, k ovládaniu svetiel v domácej automatizácii, vybaveniu budov priemyselných objektov. DALI je v súčasnosti špecifikované v IEC 62386 a IEC 60929. [1]

Princíp komunikačnej zbernice

Komunikuje sa po multimaster zbernici s dvoma vodičmi. Obvykle značenými ako DA+/DA, ktorá je napájaná zo spoločného zdroja s prúdovým obmedzením. Vďaka svojej komunikačnej rýchlosti 1200 bps je zbernica odolná voči elektromagnetickému rušeniu. Najväčšou výhodou zbernice je, že môže byť vedená bežnými elektroinštalacnými vodičmi, a to v rámci jedného silového káblu. Napríklad, jednofázové zapojenie svietidla môže byť realizované vodičom CYKY-J 5x1,5. [3]



Obrázek 1.4: Príklad zapojenia zbernice DALI pomocou 5-žilového káblu [3]

Zariadenia sú vybavené usmerňovačom, takže nezáleží na polarite pripojenia. DALI zbernica tiež slúži aj k napájaniu všetkých prvkov systému, ale celkový prúd na zbernici nemôže prekročiť 250 mA. Štandardné napätie pre logickú jednotku je 16 V a pre logickú nulu 0 V (s tolerovanou odchýlkou $\pm 4,5$ V). Zbernica je tiež limitovaná dĺžkou vedenia 300 metrov. Ďalším limitom je pokles napätia o 2 V. Vďaka galvanickému oddeleniu zbernice od napájania, môžeme zaistiť funkčnosť elektronických predradníkov, najmä pri skrate alebo prerušení zbernice. Predradníky za neprítomnosti riadiaceho napätia prechádzajú do núdzového režimu. [3]

Výhody komunikačnej zbernice

Individuálne nastavenie a jednoduchá zmena nastavení

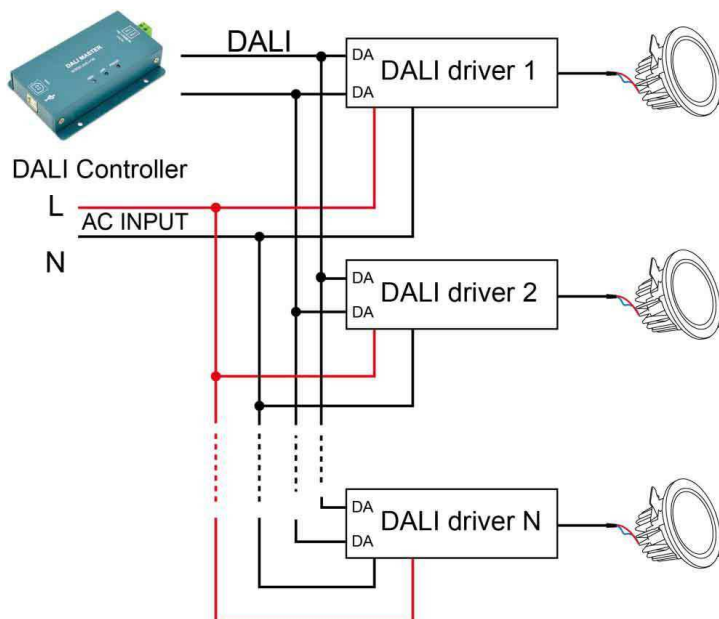
Úspora energie - stmievanie

Možnosť pre núdzové osvetlenie

Možnosť adresovania (64 jednotiek v 16 skupinách a 16 scénach)

Jednoduchá konfigurácia

Kontrola nad všetkými zariadeniami vrátane spätnej väzby



Obrázek 1.5: Princíp zapojenia DALI zbernice [3]

Riadenie systému

Senzory slúžia k automatickej regulácii systému. Väčšinou sú umiestnené na stenách miestnosti alebo priamo vo svetidle. Senzory môžu snímať intenzitu denného osvetlenia, prítomnosť osôb alebo intenzitu osvetlenia miestnosti. Senzor predáva informáciu riadiacemu systému a ten potom na základe vstupov upravuje nastavenie sústavy svetidiel.

Pohybové senzory

Slúžia k registrovaniu pohybu. PIR (passive infra-red) senzor funguje na princípe zachytenia zmien v infračervenom žiarení, kedy senzor porovnáva infračervené žiarenie osoby so žiarením pozadia. Senzory PIR najlepšie reagujú na teploty blízke teplote ľudského tela, teda od 25 °C do 35 °C. Podľa potreby si môžeme zakúpiť senzory v rôznych vyhotoveniach podľa snímanej plochy a vzdialenosti. [3]

2 Súčasný stav verejného osvetlenia

Cieľom mojej diplomovej práce je navrhnúť nové verejné osvetlenie vodnej elektrárne Nosice. Jedná sa o osvetlenie vonkajšieho oplatenia, oblasti parkoviska, oblasti vtokov a výtokov do a z turbín a rozvodne 110 kV vyznačených na *Obrázku 1.7*

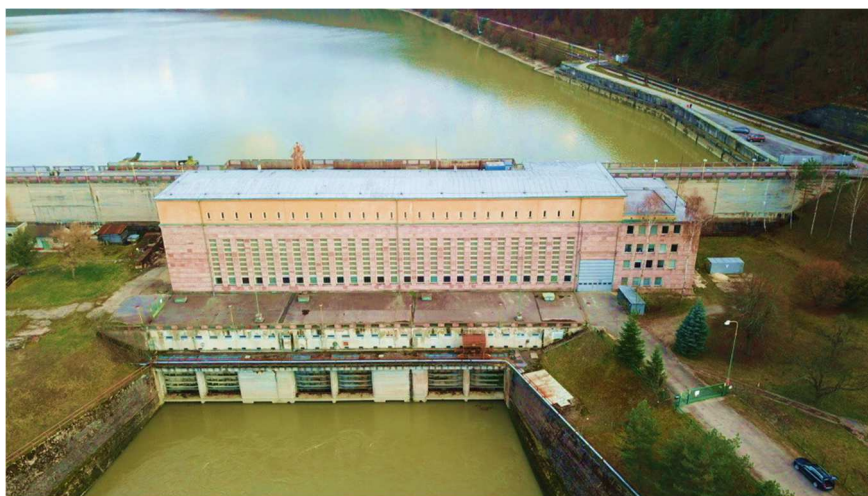
Pôvodné zariadenia VO sú vo väčšine za hranicou svojej životnosti, čo má negatívny vplyv na bezpečnosť a ekonomiku prevádzky osvetľovacej sústavy. Svietidlá sú zastarané, vďaka znečisteniu optických častí už nevyžarujú požadovaný svetelný tok a mnohé nefungujú. Oceľové stožiare, na ktorých sú svietidlá umiestnené, sú skorodované na mechanicky najviac namáhaných miestach, čo ohrozuje bezpečnosť pracovníkov elektrárne.

2.1 Vodná elektráreň Nosice

Vodná nádrž elektrárne NOSICE svojím obsahom 36 miliónov m³ vody umožňuje týždennú reguláciu odtoku pre všetky vodné elektrárne na strednom a dolnom Váhu, ako aj špičkové nasadzovanie vodných elektrární na hornom Váhu. Nádrž je dlhá 12 km, vzdutie vody umožňuje gravitačná betónová priehrada vysoká 30 m a v korune dlhá 500 m. Strojovňa elektrárne je postavená hneď pri priehrade. Elektráreň Nosice je až do vystavania elektrárne Liptovská Mara druhou najväčšou elektrárnou vážskej kaskády. Elektráreň je plnoautomatizovaná, pracuje ako špičková a pomocou diaľkového merania a ovládania je riadená z dispečerského strediska kaskády. [2]

Tabuľka 1.3: *Parametre VE Nosice [2]*

Kategória	priehradová – akumulčná
Výkon inštalovaný	67,5 MW
Tok	Váh
Typ turbíny	Kaplan
Prietok	3x130 m ³ /s
Počet turbo agregátov	3
Rok uvedenia do prevádzky	1957
Priemerná ročná výroba	157,4 GWh



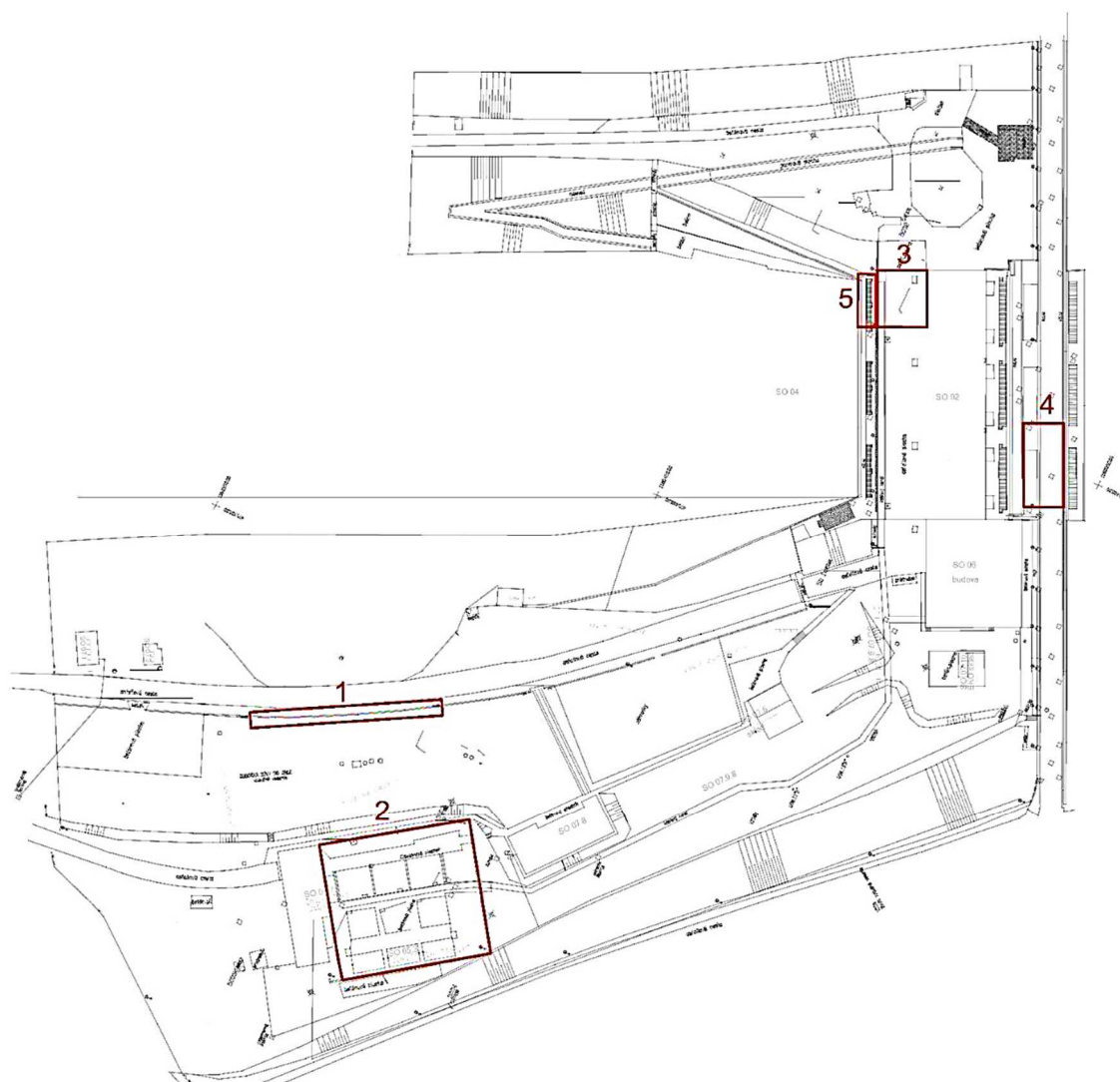
Obrázek 1.6:

Vodná elektráreň Nosice (Priehrada Mládeže)

2.2 Meranie súčasného stavu

Premetom merania je posúdenie svetelne-technický parametrov verejného osvetlenia (ďalej len VO) v areáli vodnej elektrárne NOSICE. Meranie bolo vykonané dňa 17.10. 2019 v čase od 19:00 hod do 21:00 hod v nasledujúcom rozsahu:

- 1.Meranie horizontálneho osvetlenia vonkajšieho oplotenia
- 2.Meranie horizontálneho osvetlenia rozvodne 110 kV
- 3.Meranie horizontálneho osvetlenia parkoviska
- 4.Meranie horizontálneho osvetlenia oblasti vtokov do turbín
- 5.Meranie horizontálneho osvetlenia oblasti výtokov z turbín



Obrázek 1.7: Areál vodnej elektrárne NOSICE – pozície meraných referenčných úsekov

2.3 Podmienky v priebehu merania

Počas merania prevládalo jasné počasie bez prítomnosti hmly, merané úseky boli suché, bez vrstvy snehu.

Teplota v priebehu merania: **12 °C až 16 °C**

Fázové napätie siete: **215 V ± 5 V**

2.4 Meracie prístroje

Digitálny luxmeter

KONICA MINOLTA T-10A

Rozsah: 0,01 lx ÷ 299,9 klx vo 5 rozsahoch

Sériové číslo: 30017364

Presnosť: ± 3 %

Voltmeter

METEX M-3860M

Rozsah: 750 V

Sériové číslo: 12 39 00

Presnosť: ± 400 mV

Kliešťový ampérmeter

KYORITSU KEW 2300R

Rozsah: AC 0 – 100 A

Sériové číslo: 41113700

Presnosť: ± 2%

2.5 Postup merania

Meranie prebiehalo v nočných hodinách tak, aby bolo znemožnené vplyvu denného svetla. V priestoroch boli rozsvietené všetky dostupné svietidlá. Svietidlá som nechal pol hodinu zahorieť. Medzitým na ploche meraných priestorov boli vymedzené siete rovnomerne rozložených meracích bodov podľa STN 36 004 (Umelé svetlo a osvetľovanie. Všeobecné ustanovenia). Hodnoty horizontálneho osvetlenia boli merané na porovnávacej rovine vo výške 0 m nad terénom. Pri meraní som pokladal meráciu hlavu luxmetra na zem a odstúpil od senzoru tak, aby som čo najviac znemožnil tienenie svojou osobou. Z dôvodu veľkosti a členitosti meraného areálu, boli pre meranie vybrané vhodné referenčné úseky.

Tabulka 1.4: *Normatívne požiadavky pre osvetlenosť priestorov VE[18]*

Druh priestoru, úlohy alebo činnosti	E_m [lx]	U_0 [-]	GR [-]	R_a [-]
Komunikácia vyhradená pre pomaly idúce vozidlá (max. 10 km/hod) aj chodcov + vonkajšie oplatenie	10	0,4	50	20
Parkovisko	5	0,25	-	20
Vonkajšia rozvodňa 110 kV	10	0,4	45	20
Oblasť vtokov a výtokov z turbín	20	0,25	-	20

2.6 Udržovací činiteľ

Počas života svietidiel sa vplyvom vonkajších poveternostných podmienok zašpinili a došlo k degradácii optických častí a svetelným zdrojom postupne klesol vyžarovaný svetelný tok. Nakoľko svetelne-technické parametre musia byť splnené v priebehu celej doby prevádzky verejného osvetlenia, musíme dimenzovať parametre na počiatku na vyššie hodnoty. Podľa správy o pravidelnej odbornej prehliadke a odbornej skúške vyhradeného technického zariadenia elektrického 49/2.9./NO/2015/707855/PA-06-00NO-Z-29, elektroúdržba v auguste v roku 2001 uskutočnila výmenu osvetľovacích telies. To znamená, že svetelné zdroje sú staré **19 rokov**.

2.7 Príklad výpočtu

Meranie horizontálneho osvetlenia parkoviska bolo vykonané na vymedzenom úseku medzi 3 stožiarimi. Odsadenie od okrajov meraného úseku som zvolil na 1,25 m a rozostupy medzi bodmi na 2 m, v pozdĺžnom aj priečnom smere. Vznikla mi sieť 8 x 6 meracích bodov. Namerané hodnoty pomocou luxmetra som zaznačil do *Tabuľky 1.5*. Pri meraní bolo najdôležitejšie držať meraciu hlavicu vo vodorovnej polohe a taktiež zamedziť skresleniu výsledkov vlastným tieňom.

Tabulka 1.5: *Namerané hodnoty osvetlenosti parkoviska*

Osvetlenosť [lx]						
x/y [m]	1,25	3,25	5,25	7,25	9,25	11,25
1,25	8,20	3,90	2,00	1,16	0,50	0,30
3,25	4,80	2,90	1,80	1,10	0,45	0,30
5,25	3,00	2,25	1,50	1,06	0,71	0,54
7,25	2,80	2,30	1,50	1,11	0,74	0,46
9,25	4,15	3,00	1,80	1,26	0,90	0,55
11,25	7,40	4,30	1,53	1,50	0,93	0,66
13,25	12,00	5,90	2,90	1,60	0,95	0,66
15,25	11,50	5,60	2,80	1,55	1,00	0,65

Pre výpočet priemernej osvetlenosti využijem všetky namerané hodnoty v jednotlivých bodoch:

$$E_m = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} = \frac{8,20+3,90+2+1,16...+0,65}{48} = \frac{120,47}{48} = 2,51 \text{ lx} \quad (2.1)$$

Zo získanej hodnoty priemernej osvetlenosti môžeme získať rovnomernosť osvetlenia:

$$U_0 = \frac{E_{min}}{E_m} = \frac{0,3}{2,51} = 0,12 [-] \quad (2.2)$$

Neistota merania je vyjadrená ako rozšírená štandardná neistota U s koeficientom rozšírenia $k = 2$, čo pre normálne rozdelenie odpovedá pravdepodobnosti pokrytia 95 % a je stanovená na ± 10 %. Namerané a vypočítané hodnoty sú uvedené v Tabuľke I. v prílohe.



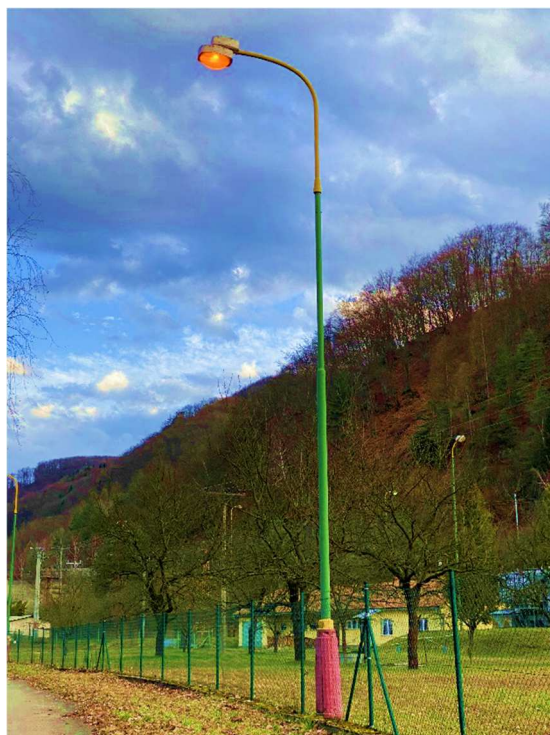
Obrázek 1.8: Poškodenie krytov svetidiel a nejednotnosť farby svetelných zdrojov

Z vyššie uvedených obrázkov je jasné, že pri opravách a úsilí udržania chodu súčasného stavu verejného osvetlenia, sa nehládalo na jednotu farby svetelných zdrojov. Rozbité laminátové kryty ohrozujú ľudí prechádzajúcich pod nimi. Aj predmet s menšou hmotnosťou akou je kryt, má v dostatočnej výšky pomerne vysokú potenciálnu energiu, ktorá môže človeku spôsobiť vážne zranenia.

Celková svetelne technická správa o súčasnom verejnom osvetlení vodnej elektrárne Nosice sa nachádza v prílohe A.



Obrázek 1.9: Svietidlo ELEKTROSVIT 446 27 03 125 W (vľavo)



Obrázek 1.10: Svietidlo ELEKTROSVIT 444 28 02 250 W (vpravo)

Svetelné zdroje verejného osvetlenia použité vo VE Nosice

Ortuťová výbojka HPL-N	125 W, E27
Ortuťová výbojka RVL-X	250 W, E40
Sodíková výbojka VIALOX NAV-T (SON-T)	250 W, E40

2.8 Hodnotenie merania osvetlenia

Špecifikácia nedostatkov

1. Korózia a mechanické poškodenie oceľových stožiarov a výložníkov
2. Znížená bezpečnosť skorodovaných výložníkov
3. Neestetický vzhľad skorodovaných a nejednotných výložníkov a svetelných zdrojov
4. Vychýlenie stožiarov
5. Zlé umiestnenie svietidla blízko koruny stromov či kríkov, ktoré obmedzujú účinnosť
6. Stávajúce hliníkové káble sú zastaralé, skorodované, majú vysoký prechodový odpor
7. Osvetľovacie stožiare majú vysoký odpor uzemnenia

Najzávažnejšie nedostatky sústavy verejného osvetlenia sú nízka účinnosť svietidiel, poprípade nefunkčnosť, nevyhovujúci technický stav svietidiel, výložníkov a stožiarov. Vo všeobecnosti sa dá konštatovať, že rekonštrukcia sústavy verejného osvetlenia vodnej elektrárne Nosice je **nevyhnutná**.

Tabuľka nameraných hodnôt skutočnej osvetlenosti sa nachádza v Prílohe I.

3 Svetelne technický návrh osvetľovacích sústav

V tejto časti práce sa budem zaoberať návrhom nového VO. Pri riešení budem používať simulačné výpočtové programy DIALUX, Relux a BuildingDesign. Projekt obsahuje návrh osvetlenia vonkajšieho oplatenia, rozvodne 110kV, parkoviska a výtokov, oblasti vtokov a mostovky. Po získaní mapových podkladov elektrárne som daný súbor importoval do simulačného programu BuildingDesign, kde som si následne vytvoril jednotlivé osvetľované priestory. V projekte som vychádzal z normy *STN EN 12464-2 Svetlo a osvetlenie. Osvetlenie pracovísk. Časť 2: Vonkajšie pracoviská*.

Súčasná požiadavka na kvalitu osvetlenia a na energetickú hospodárnosť prináša do praxe používanie nových technológií, a to najmä technológiu LED. Výrobci LED svetelných zdrojov garantujú dlhú životnosť nad 50 000 h (sodíkové výbojky 25 000 h, kompaktné žiarivky 10 000 h, žiarovky 1 000 h). Táto vlastnosť býva vykúpená vyššími investičnými nákladmi. Vysoké investície, ale prinášajú nielen nižšiu spotrebu energie svetelných zdrojov, taktiež nižšie náklady na údržbu, kde najväčšou devízou je bezporuchová prevádzka. [9]

3.1 Základné požiadavky

Na základe protokolu o určení vonkajších vplyvov (viď príloha B.) a po dohode s zástupcami investora sme dohodli na nasledovných požiadavkách, ktoré by osvetľovacia sústava mala spĺňať:

- Svetelná účinnosť by mala byť minimálne 80 %
- Svietidlo musí smerovať svetelný tok iba do požadovaných smerov
- Konštantné svetelno-technické parametre
- Rýchla montáž - beznástrojovosť
- Prístupnosť k svetelnému zdroju, predradníku alebo svorkovnici
- Vysoká životnosť
- Recyklovateľnosť

Elektrické vlastnosti svietidiel

Podľa spôsobu ochrany proti úrazu elektrickým prúdom sú svietidlá rozdelené do dvoch tried. Vo verejnom osvetlení sa najčastejšie používajú svietidlá triedy ochrany I. (k vodivej kostre sa pripojí PE vodič) alebo triedy ochrany II. (dvojité izolácia) [17]

Mechanické vlastnosti

Dôležitou vlastnosťou svietidiel je stupeň krytia alebo tiež nazývaná odolnosť svietidla proti vniknutiu pevných telies a vody. Označujeme ju značkou IP AB, kde A je číslo (0-6) označujúce vniknutie pevných telies a B (0-9) označujúce vniknutie vody. Z hľadiska ochrany pred vandalizmom je dôležitou vlastnosťou stupeň ochrany pred mechanickým poškodením označujúci sa IK. Môže nadobúdať hodnoty IK00 až IK10. Najčastejšie používaný stupeň ochrany pred mechanickým poškodením je u vonkajších svietidiel IK08, ktoré zabezpečuje svietidlo pred poškodením nárazom až do 5 J.

Ďalším dôležitým parametrom je typ použitého materiálu. V súčasnosti sú najpoužívanějšími materiálmi hliník, plast a jeho kombinácie. Sklo svietidla sa používa obvykle opáľové, číre alebo štruktúrované akrylátové sklo PMMA, prípadne z polykarbonátu. Pri použitých materiáloch musíme

posudzovať ich časovú stálosť z hľadiska farebných a mechanických vlastností. Pôsobením svetelného alebo UV žiarenia môže dochádzať k vyblednutiu. Tento problém sa rieši povrchovou úpravou svietidla, najčastejšie nanosením práškoveho laku. [17]

Pri výbere vhodných svietidiel a svetelných zdrojov som hľadel najmä na funkčné využitie daného svietidla, ale zároveň aby jeho parametre čo najviac vyhovovali osvetľovanej oblasti. Správnou voľbou týchto parametrov môžeme navrhnuť osvetľovaciu sústavu čo najoptimálnejšie z funkčného, ale aj ekonomického hľadiska. Pri návrhu treba dbať aj na normatívne parametre prislúchajúce daným priestorom.

MEGIN II M (L01) LED 4900 lm / 730 1x44 W, DALI-EDO

LED verejné svietidlo z rady MEGIN II M od OMS. Je konštruované, aby jeho telo (chladič) dokázalo ideálne odvieť teplo do priestoru. Pouličné svietidlo sa dá využiť na osvetlenie ciest, ulíc, obcí či príjazdových ciest ku rodinným domom. Verejné osvetlenie MEGIN zaručuje kvalitné a spoľahlivé osvetlenie vonkajších priestorov. Oproti klasickým pouličným svietidlám, ktoré ako svetelný zdroj používajú sodíkové výbojky, je LED verejné osvetlenie omnoho šetrnejšie. Tento typ pouličného osvetlenia má zabudovaný nevymeniteľný LED svetelný zdroj. Dané svietidlo disponuje krytím IP67 čo znamená, že svietidlo je úplne prachotesné a vydrží aj krátkodobé ponorenie. Varianta ochrany voči mechanickému poškodeniu je stanovená výrobcom na IK10, čo odpovedá nárazovej energii 20 J [10]

Tabulka 1.6: *Technické parametre svietidla MEGIN II M [10]*

Svetelný výkon [W]	44
Ovládanie	DALI + EDO
Napätie [V]	230
Prúd [mA]	200
Životnosť [h]	100 000 L90 / B10
Farba svetla [K]	4000
Svetelný tok [lm]	4900
Ra [-]	70<
Montáž	na ϕ 60 mm
Príkon [W]	47

220-240V
50-60Hz

CCT
3000
K

CRI
70+
Ra

27

IK
09

IP
67

LED

EDO
DALI + EDO



Obrázek 1.11: *Svietidlo MEGIN II M [10]*

SiCOMPACT® A3 MAXI

Svietidlo je vhodné pre štandardné a energeticky efektívne osvetlenie veľkých plôch a priemyselných zariadení, s eliminovaním nežiadúceho svetla do horného polopriestoru. Eloxovaný hliníkový reflektor s vysokým leskom, zaisťuje distribuovanie svetelného toku, do presne určeného priestoru. Na presné osvetlenie sa dá svietidlo nastaviť v krokoch po 5 °. [11]

Moderný predradník pracuje na princípe frekvenčného meniča napätia. Pracujú s frekvenciou 30-50 kHz. Vďaka elektronike okamžite reaguje na výkyvy v sieti a dodáva výbojke vždy nominálny prúd a napätie. Účinnosť je tiež výrazne vyššia, nakoľko spotreba samostatného predradníka je približne tretinová voči magnetickej variante. Neobsahuje žiadny transformátor a je teda úplne tichý. [12]

Tabulka 1.7: *Technické parametre svietidla SiCOMPACT® A3 MAXI [11]*

Svetelný výkon [W]	400
Ovládanie	ON/OFF
Napätie [V]	230
Životnosť [h]	15 000
Svetelný tok [lm]	32 000
Ra [-]	20
Montáž	Cross-arms



Obrázek 1.12:

Svietidlo SiCOMPACT® A3 MAXI [11]



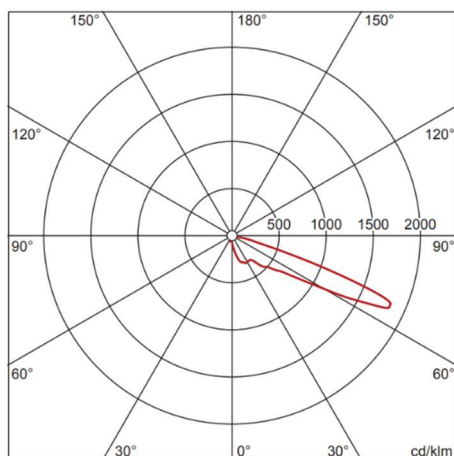
IP 65

IK 08



Svetelný zdroj (HPS)

Musí spĺňať nasledovné minimálne požiadavky, aby boli dosiahnuté normatívne požiadavky.



Tabulka 1.8: *Technické parametre svetelného zdroja HPS*

Svetelný výkon [W]	400 <
Napätie [V]	230
Svetelný tok [lm]	32 000 <
Ra [-]	20
Pripojenie	E40

Obrázek 1.13: Vyžarovacia charakteristika svetelného zdroja HPS [11]

Odporúčam typ **PHILIPS HPI-T Plus 400 W/645 E40** alebo **OSRAM NAV-T SUPER 4Y 400 W**.

3.2 Návrh osvetlenia pre vonkajšie oplotenie

Jedná sa o vonkajší pracovný priestor, oplotenie vonkajšieho perimetra elektrárne. Dĺžka oplatenia elektrárne je 520 m a osvetlenie prízjazdovej cesty ku revíznej veži je 50 m. Na danej ploche je umiestnených 29 stožiarov, medzi ktorými je rozteč 20 m. Stožiare sú umiestnené na vnútornom pozemku. V oblasti betónovej plochy sú navrhnuté výložníky s možnosťou umiestnenia dvoch svetelných zdrojov (viď príloha H). Naklonenie svietidiel je 5 °. Svetelné zdroje sú umiestnené vo výške 6 m od úrovne terénu. Oblasť oplatenia je prevažne trávnatého charakteru, preto je koeficient odrazu svetla 25 %.

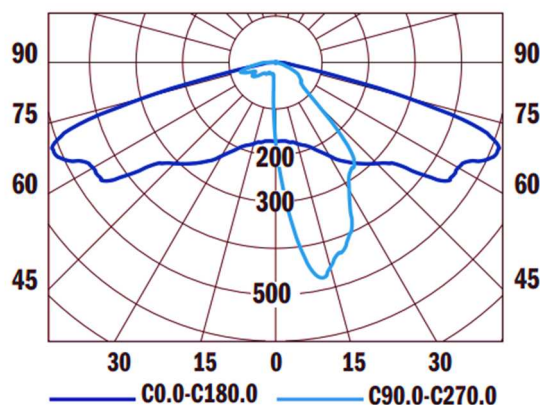
Tabuľka 1.9: Výpočet osvetlenia vonkajšieho oplatenia

Výrobca	OMS	
Typ	MEGIN M II	
Výkon	44 W	
Stupeň krytia	IP67	
Svetelný tok	4600 lm	
Index podania farieb	70+	
Teplota chromatickosti	3000 K	
Životnosť	100 000 h	
	Norma	Simulácia
Požadovaná osvetlenosť [lx]	10	10,5
Minimálna hodnota osvetlenia [lx]	-	3,53
Rovnomernosť osvetlenia [-]	0,25	0,34
Index podania farieb [-]	20	70+

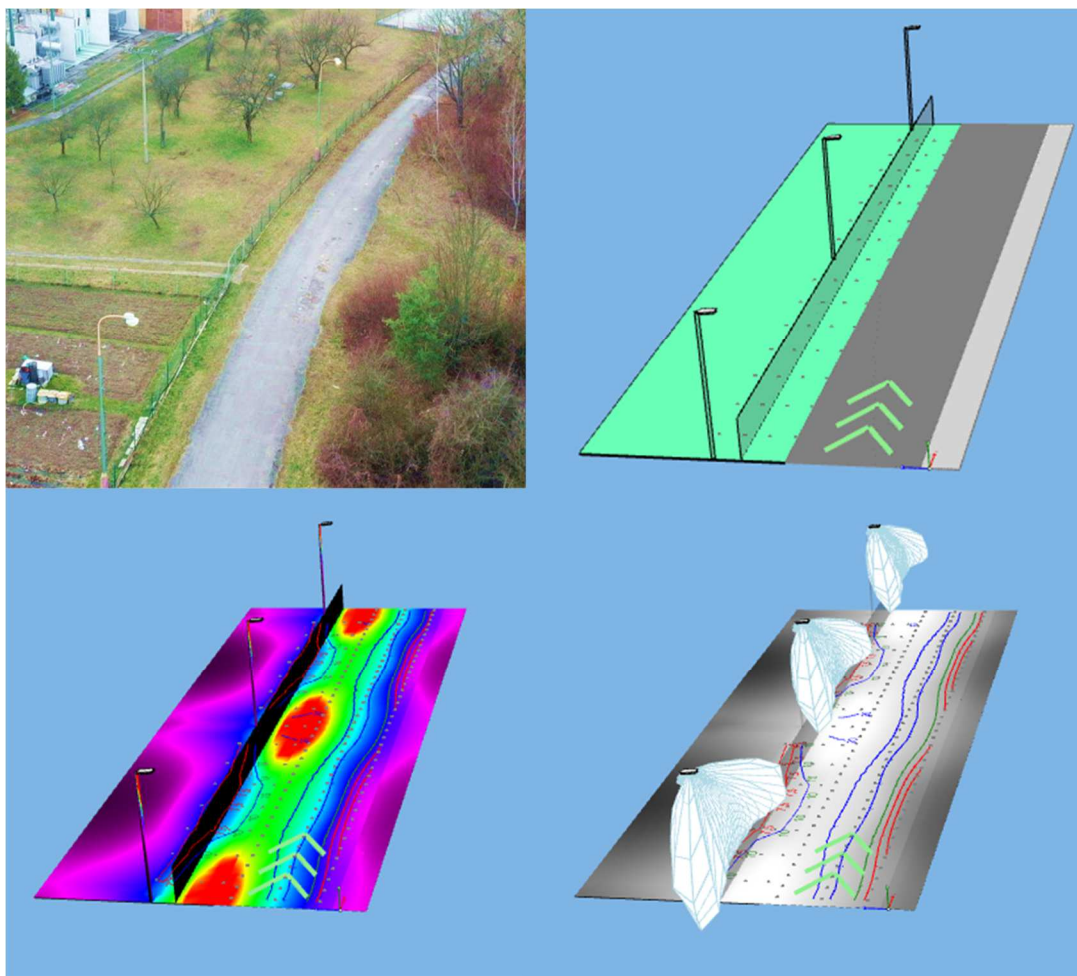
Kompletné výpočty sa nachádzajú v prílohe H.

Počty stožiarov a svetelných zdrojov

Typ optiky (**L05**) je určený na osvetľovanie ulíc s chodníkmi. Svetlo je distribuované vpredu a po stranách svietidla, ale nie zozadu, aby sa eliminovalo svetelné znečistenie. Pri výbere vhodnej optiky svietidla som volil, čo najširší druh, kvôli prípadnému dobudovaniu kamerového systému na ochranu proti neželanému vniknutiu. Pri návrhu osvetlenia vonkajšieho perimetru som dbal na to, aby boli dodržané aj normatívne požiadavky na osvetlenie prízjazdových komunikácií a zamedzené nežiadúcemu oslneniu vodičov. Dispozícia stožiarov sa nachádza v prílohe F.



Obrázek 1.14: Vyžarovacia charakteristika typ optiky L05 [10]



Obrázek 1.15: Vizualizácia osvetlenia oplatenia areálu

Na Obrázku 1.15 sa nachádza skutočný pohľad na osvetľovaný priestor. Snímky sú zhotovené svojpomocne za použitia dronu, dňa 12. 03. 2020. Môžeme na nej vidieť dispozíciu pôvodných osvetľovacích stožiarov. Tiež môžeme vidieť príjazdovú cestu k elektrárni, na ktorej osvetlenie som sekundárne tiež bral do úvahy a splnil požadovanú normu na osvetlenie komunikácie. Tá však nie je predmetom tejto diplomovej práce. Na ďalšej snímke je zobrazená sieť hodnotiacich bodov.

3.3 Návrh osvetlenia pre rozvodňu 110 kV

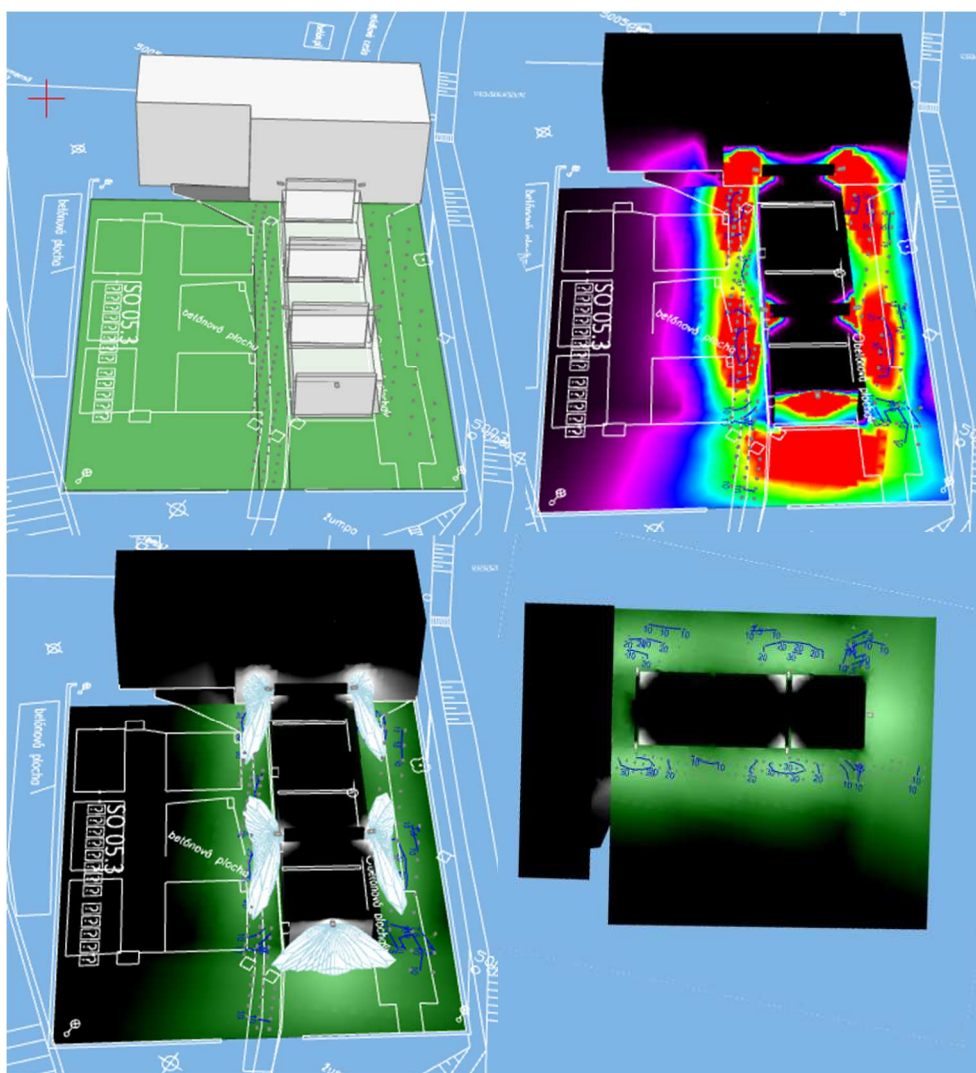
Jedná sa o vonkajší pracovný priestor (rozvodňa 110 kV), jeho rozmery sú 41 x 35 m. V priestore medzi transformátormi a poľami VN potrebujeme osvetliť chodník vedúci od vstupu do rozvodne 110 kV do revíznej veže. Svietidlá sú umiestnené na protipožiarnych stenách (prepážkach), oddeľujúce jednotlivé transformátory (viď príloha H). Naklonenie svietidiel je 0 °. Svetelné zdroje sú umiestnené vo výške 4,5 m od terénu. Asymetrická charakteristika svietidla zabezpečuje nielen osvetlenie chodníka, ale aj priľahlé elektromerové rozvádzače, čo zjednodušuje odpočet hodnôt bez

nutnosti použitia prenosného svietidla. Chodník je zo starého asfaltu, jeho koeficient odrazu svetla je 30 %.

Tabulka 1.10: Výpočet osvetlenia chodníkov rozvodne 110 kV

Výrobca	OMS	
Typ	MEGIN M II	
Výkon	44	
Stupeň krytia	IP67	
Svetelný tok	4600	
Index podania farieb	70+	
Teplota chromatickosti	3000 K	
Životnosť	100 000 h	
	Norma	Simulácia
Požadovaná osvetlenosť [lx]	5	16,4
Minimálna hodnota osvetlenia [lx]	-	4,59
Rovnomernosť osvetlenia [-]	0,25	0,28
Index podania farieb [-]	20	70+

Kompletné výpočty sa nachádzajú v prílohe H.



Obrázek 1.16: Vizualizácia osvetlenia rozvodne 110 kV

Osvetlenie pre celkovú kontrolu

Prevádzkové osvetlenie pre celkovú kontrolu bude umiestnené na oceľovej konštrukcii portálov vo výške 10 m nad úrovňou terénu. Pre osvetľovanie veľkých plôch je odporučená vyžarovacia krivka rovnomerná a rotačne symetrická.

Tabulka 1.11: Výpočet osvetlenia polí rozvodne

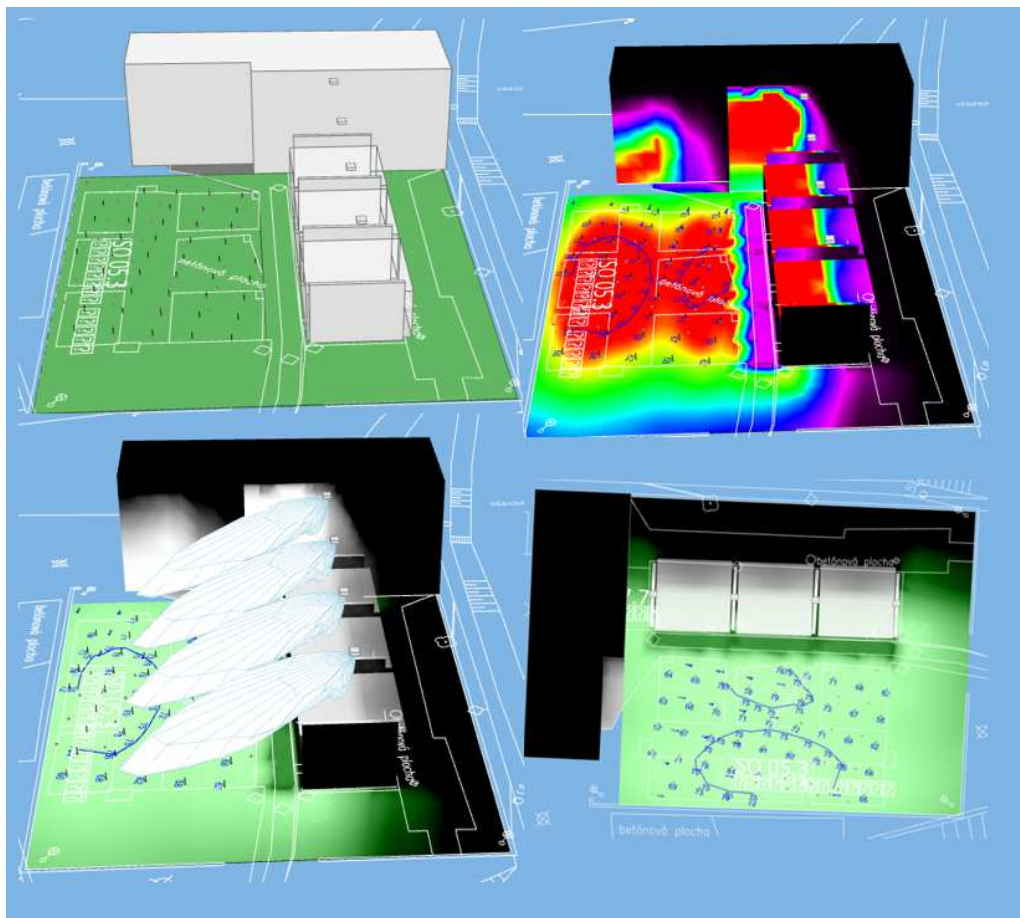
Výrobca	Siteco	
Typ	SiCompact A3 Maxi	
Výkon	400 W	
Stupeň krytia	IP65	
Svetelný tok	32 000 lm	
Index podania farieb	20	
Teplota chromatickosti	1500 K	
Životnosť	24 000 h	
	Norma	Simulácia
Požadovaná osvetlenosť [lx]	50	72
Činiteľ oslnenia <i>GR</i>	<50	40,4
Rovnomernosť osvetlenia [-]	0,4	0,8
Index podania farieb [-]	20	70+

Prídavné osvetlenie

Pre napájanie prídavného osvetlenia a ďalších prenosných elektrických zariadení používaných pre práce v poliach rozvodne, sa použijú zásuvky inštalované v zásuvkovej skrini alebo stĺpiku so strieškou. Umiestnené na vhodnom mieste pre maximálne dve polia. Táto zásuvková skrinka bude obsahovať tri jednofázové zásuvky 16 A zapojené na jednotlivé fázy, 1x trojfázovú zásuvku 32 A vrátane istenia. Napájanie tejto zásuvkovej zostavy bude z napätia III. Kategórie nezabezpečené. Prúdový chránič je umiestnený v napájacom rozvádzači. [20]



Obrázek 1.17: Rozvodňa 110 kV (pohľad od železničnej trate)



Obrázek 1.18: Vizualizácia osvetlenia polí rozvodne 110 kV

Z vyššie uvedených obrázkov môžeme vidieť, že pri osvetľovaní rozvodne 110 kV pre verejné osvetlenie, som sa zamerlal na osvetlenie dôležitých častí rozvodne, a to najmä uličky vedúcej ku revíznej veži. Toto osvetlenie zabezpečí taktiež osvetlenie meracích prístrojov a rozvádzačov nachádzajúcich sa pozdĺž osvetľovanej plochy. Osvetlenie celej rozvodne 110 kV zabezpečuje prevádzkové osvetlenie polí rozvodne vid' *Obrázok 1.18*

Fotka skutočnej rozvodne 110 kV chýba, pretože v blízkosti je vysoké magnetické pole, ktoré znemožnilo dronu vzlietnuť.

3.4 Návrh osvetlenia pre vtoky a mostovka

Popis priestoru

Jedná sa o vonkajší pracovný priestor. Jeho rozmery sú 7 x 65 m. Na danom priestore dochádza k tzv. hradeniu. Na danej ploche sú umiestnené 4 stĺpy, medzi ktorými je rozostup 20 m. Pri osádzaní stĺpov treba dbať na priechodnosť, tzv. "lávky", miesta spájajúce VE s mostovkou. Na každom stožiaru sa nachádzajú dva svetelné zdroje umiestnené na dvoj-výložníku. Jeden osvetľuje časť mostovky, druhý pracovný priestor pre čistiaci stroj vo vtokoch, naplaveniny. Po mostovke sa pohybujú predovšetkým chodci a cyklisti. Vjazd do priestoru majú iba pracovníci VE. Naklonenie svietidiel je 5 °. Svetelné zdroje sú umiestnené vo výške 5 m od terénu. Oblasť mostovky a vtokov je zo starého asfaltu, jej koeficient odrazu svetla je 30 %.

Tabulka 1.12: Výpočet osvetlenia vtokov

Výrobca	OMS	
Typ	MEGIN M II	
Výkon	44 W	
Stupeň krytia	IP67	
Svetelný tok	4600 lm	
Index podania farieb	70+	
Teplota chromatickosti	3000 K	
Životnosť	100 000 h	
	Norma	Simulácia
Požadovaná osvetlenosť [lx]	10	11,3
Minimálna hodnota osvetlenia [lx]	-	5,37
Rovnomernosť osvetlenia [-]	0,4	0,47
Index podania farieb [-]	20	70+

Kompletné výpočty sa nachádzajú v prílohe H.

Zatriedenie komunikácie

Zatriedenie komunikácie musí byť vyhotovené podľa ČSN EN 13201 – 1. Najskôr musíme určiť skupinu svetelných situácií uvedených v *Tabuľke 1.13*. Danú komunikáciu som zatriedil do triedy P, ktorá je určená predovšetkým pre chodcov, cyklistov, núdzové pruhy, parkovacie miesta, školské dvory atď. Po komunikácii sa pohybujú najmä chodci, zriedkavo cyklisti. Na danom priestore neparkujú žiadne vozidlá a premávka je veľmi pokojná. Do výpočtu nevstupuje zvýšený svetelný smog. Dispozícia stožiarov sa nachádza v prílohe F.

Po zatriedení jednotlivých svetelných situácií dostávam ich váhové prírastky. Po sčítaní váhových prírastkov som dostal celkový váhový prírastok V_w .

$$V_w = \sum_{n=1}^n V_n = 1 - 1 + 2 + 0 + 0 = 2 \quad (3.1)$$

Tabulka 1.13: Zatriedenie cestnej komunikácie podľa ČSN EN 13 201-1 [19]

Parameter	Možnosť	Popis	Váhový prírastok V_w
Rýchlosť objektov	Pomaly	$v \leq 40$ km/h	1
	Veľmi pomaly (rýchlosť chodca)	Veľmi pomaly (rýchlosť chodca)	0
Premávka	Veľmi rušná		1
	Rušná		0,5
	Normálna		0
	Pokojná		-0,5
	Veľmi pokojná		-1
Zloženie premávky	Chodci, cyklisti a mot. premávka		2
	Chodci a mot. premávka		1
	Iba chodci		0
	Iba cyklisti		0
Parkujúce vozidlá	Áno		1
	Nie		0
Okolité osvetlenie	Veľmi vysoká	Priestory v okolí nákupných centier, športovísk, staničné a skladovacie priestory	1
	Vysoká		0,5
	Normálna	normálna situácia	0
	Nízka		-0,5
	Veľmi nízka		-1
Komplikovanosť orientácie	Potrebná		Ďalšie požiadavky
	Nepotrebná		Žiadne požiadavky

Zatriedenie komunikácie dostanem podľa nasledovného vzťahu:

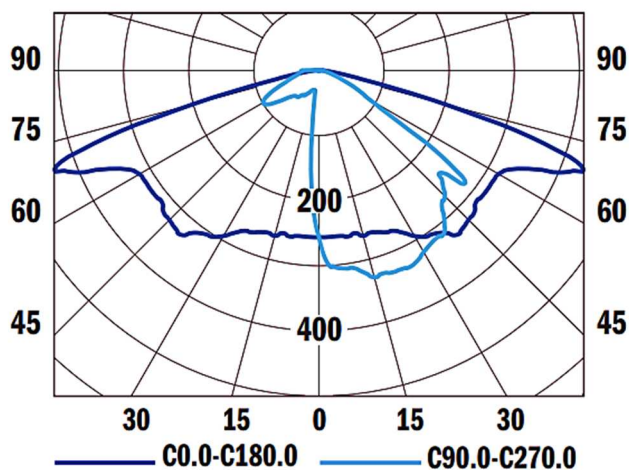
$$P = 6 - V_w = 6 - 2 = 4 \quad (3.2)$$

Tabulka 1.14: Normatívne požiadavky na určený druh komunikácie ČSN EN 13 201-2 [19]

Trieda osvetlenia	Horizontálna osvetlenie		Dodatočné hodnoty pre rozpoznanie tváre	
	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_v [lx]	$E_{sc,min}$ [lx]
P1	15	3	5	5
P2	10	2	3	2
P3	7,5	1,5	2,5	1,5
P4	5	1	1,5	1
P5	3	0,6	1	0,6
P6	2	0,4	0,6	0,2
P7	neurčené	neurčené		

Z Tabuľky 1.14 som následne dostal normatívne svetelné požiadavky na osvetlenie komunikácie.

Vzhľadom na rozteč medzi stožiarmi som zvolil optiku **LO4** na svietidle MEGIN II M od firmy OMS.

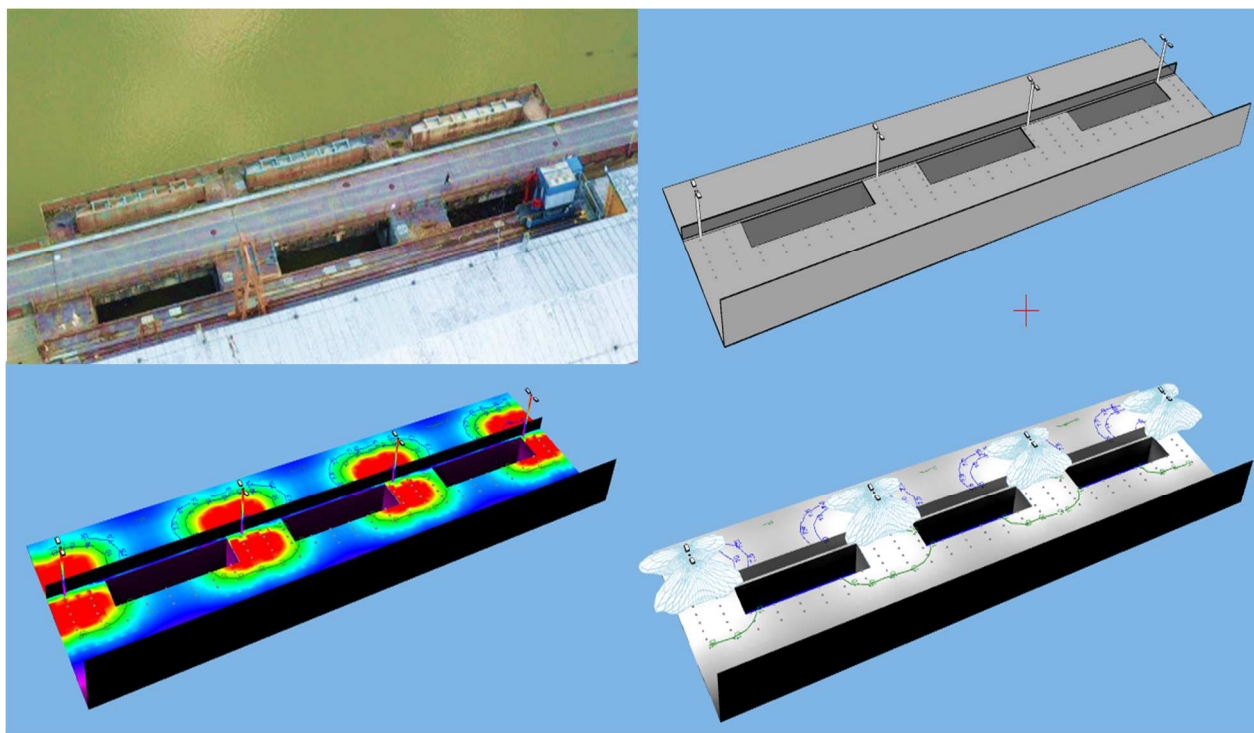


Obrázek 1.19: Vyžarovacia charakteristika typ LO4 [10]

Tabuľka 1.15: Výpočet osvetlenia mostovky

Výrobca	OMS	
Typ	MEGIN M II	
Výkon	44 W	
Stupeň krytia	IP67	
Svetelný tok	4600 lm	
Index podania farieb	70+	
Teplota chromatickosti	3000 K	
Životnosť	100 000 h	
	Norma	Simulácia
Požadovaná osvetlenosť [lx]	5	9,95
Minimálna hodnota osvetlenia [lx]	1,5	4,89
Rovnomernosť osvetlenia [-]	0,25	0,49
Index podania farieb [-]	20	70+

Kompletné výpočty sa nachádzajú v prílohe H.



Obrázek 1.20: Vizualizácia osvetlenia vtokov

Z Obrázku 1.20 je vidieť na simulácií rovnomerné distribuovanie svetla na oblasť vtokov, kde dochádza k čisteniu priehrady od naplavenín, a oblasti mostovky, ktorá slúži predovšetkým preprave chodcov a cyklistov. Čistiaci stroj pracujúci v tejto oblasti na koľajniciach je vybavený prídavným osvetlením, kvôli variabilite vodnej hladiny. Osvetľovacie stožiare sú umiestnené na krajoch tzv. "lávok", aby bol prechod medzi priestormi možný. Dispozícia stožiarov sa nachádza v prílohe F.

3.5 Návrh osvetlenia pre výtoky

Popis priestoru

Oblasť výtokov z turbín je vonkajší pracovný priestor. Jeho rozmery sú 4,8 x 65 m. Na danom priestore sa pohybuje stroj na koľajniciach zabezpečujúci hradenie. Tento priestor je nutné osvetliť kvôli nebezpečenstvu pádu do vody.

Tabulka 1.16: Výpočet osvetlenia výtokov

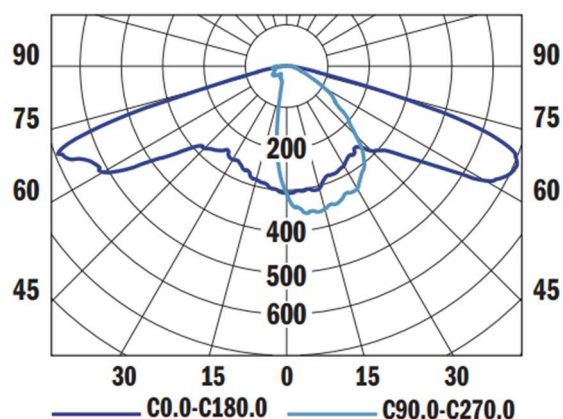
Výrobca	OMS	
Typ	MEGIN M II	
Výkon	44 W	
Stupeň krytia	IP67	
Svetelný tok	4600 lm	
Index podania farieb	70+	
Teplota chromatickosti	3000 K	
Životnosť	100 000 h	
	Norma	Simulácia
Požadovaná osvetlenosť [lx]	10	16,9
Minimálna hodnota osvetlenia [lx]	-	11,7
Rovnomernosť osvetlenia [-]	0,4	0,69
Index podania farieb [-]	20	70+

Kompletné výpočty sa nachádzajú v prílohe H.

Osvetľovacia sústava

Osvetľovaciu sústavu oblasti výtokov tvorí 6 svetidiel. Svetidlá sú umiestnené na výložníkoch upevnených na stožiaroch nachádzajúcich sa na parkovisku. Naklonenie svetidiel je 10 °. Svetelné zdroje sú umiestnené vo výške 8,85 m od miesta zrakovej úlohy. Oblasť výtokov je zo starého asfaltu, jeho koeficient odrazu svetla je 30 %. Dispozícia stožiarov sa nachádza v prílohe F.

. Typ optiky **LO6** je určený pre osvetľovanie pracovných priestorov z väčšej výšky ako 5 m.



Obrázek 1.21: Vyžarovacia charakteristika typ LO6 [10]

3.6 Návrh osvetlenia pre parkovisko

Popis priestoru

Jedná sa o vonkajší pracovný priestor, parkovisko, vodnej elektrárne, kde parkujú zamestnanci. Jeho rozmery sú 12,5 x 70 m. Parkovacia plocha je zo starého asfaltu, jej koeficient odrazu svetla je 30 %. Pri výpočte som zohľadnil aj odraz príľahlej budovy elektrárne.

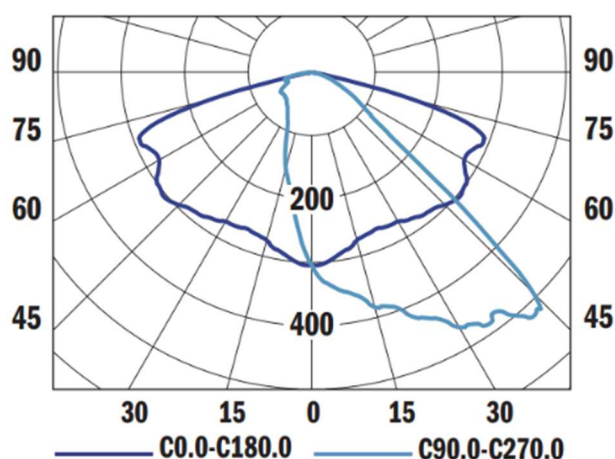
Tabuľka 1.17: Výpočet osvetlenia parkoviska

Výrobca	OMS	
Typ	MEGIN M II	
Výkon	44 W	
Stupeň krytia	IP67	
Svetelný tok	4600 lm	
Index podania farieb	70+	
Teplota chromatickosti	3000 K	
Životnosť	100 000 h	
	Norma	Simulácia
Požadovaná osvetlenosť [lx]	5	15,9
Minimálna hodnota osvetlenia [lx]	-	8,29
Rovnomernosť osvetlenia [-]	0,25	0,52
Index podania farieb [-]	20	70+

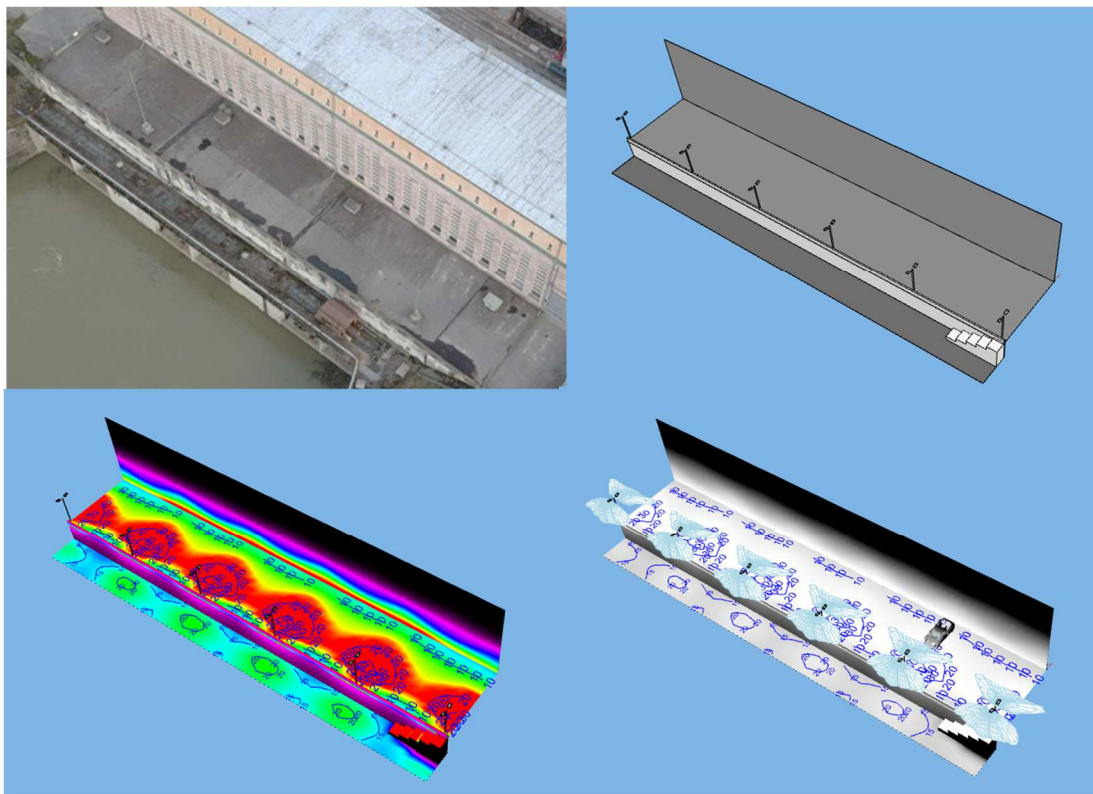
Kompletné výpočty sa nachádzajú v prílohe H.

Osvetľovacia sústava

Na danej ploche je umiestnených 6 stĺpov medzi ktorými je vzdialenosť 14 m, krajné stĺpy sú vzdialené v smere osi X od krajov plochy 1 m. Naklonenie svietidiel je 20 °. Svetelné zdroje sú umiestnené vo výške 5 m od terénu. Typ optiky **LO1** je štandardným druhom optiky dodávaným firmou OMS na osvetľovanie verejných priestranstiev. Dispozícia stožiarov sa nachádza v prílohe F.



Obrázek 1.22: Vyžarovacia charakteristika typ LO1 [10]



Obrázek 1.23: Vizualizácia osvetlenia výtokov a parkoviska

Vďaka umiestneniu svietidiel, na jeden osvetľovací stožiar, sa ušetrí nemalé finančné prostriedky voči variante použitia viacerých osvetľovacích stožiarov. Problém osvetľovania rozdielnych výškových úrovní je vyriešený použitím rôznych svetelných optík, pri zachovaní rovnakého príkonu. Po konzultácii s výrobcou svietidiel OMS Megin II M som sa dozvedel, že nezáleží na type optiky. Cena produktu sa mení iba s rastúcim alebo klesajúcim výkonom. Na osvetlenie parkoviska je použitá štandardne dodávaná optika L01 (Obrázok 1.22) určená na osvetľovanie ulíc. Na osvetlenie oblasti výtokov je použitá optika L06 (Obrázok 1.21) s úzkou vyžarovacou charakteristikou.

4 Elektro-projekt verejného osvetlenia

Pôvodný rozvádzač +R5.86

Rozvádzač sa nachádza v rozvodni NN nachádzajúcej sa v budove elektrárne. V rozvádzači sa nachádzajú istiacie prístroje, meranie aktuálnej spotreby. Spínanie verejného osvetlenia je realizované za pomoci senzoru vonkajšej osvetlenosti.

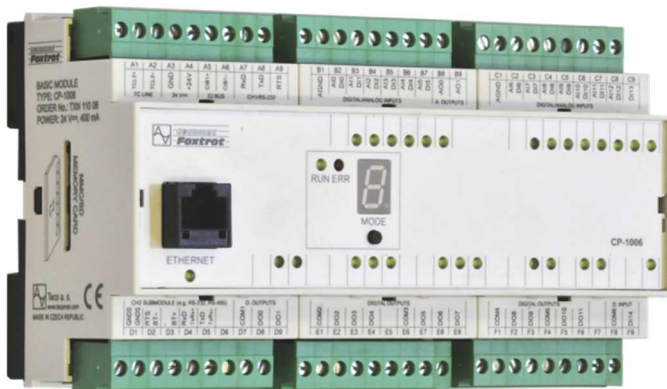


Obrázek 1.24: Svetelný rozvádzač +R5.86

Kompletný projekt elektroinštalácie som nakreslil v študentskej verzii software EPLAN Education 2.7. Projekt obsahuje zapojenie jednotlivých svetelných priestorov, dispozičné umiestnenie stožiarov, typ použitých prístrojov. Kompletný projekt sa nachádza v prílohe I. a technická správa inštalácie v prílohe G.

4.1 Riadiaci systém

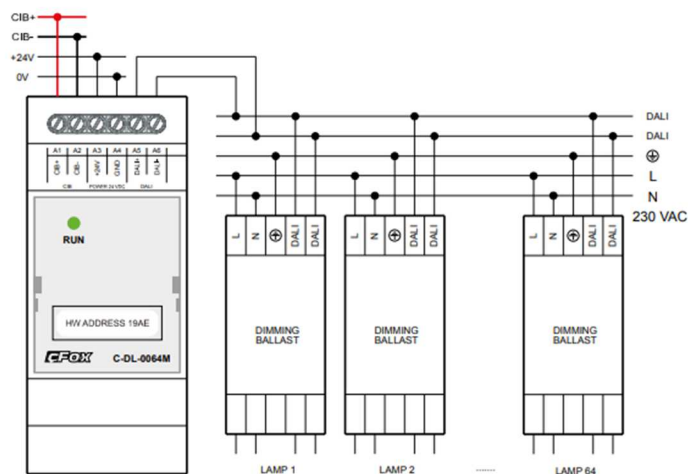
Programovateľný automat CP-1006 od firmy Tecomat je mozgom celej inštalácie verejného osvetlenia. Kvôli eliminácii prenosových vzdialeností zbernice DALI (max. 300 m) sú použité dve PLC jednotky. Do úvahy prichádza aj použitie tzv. "light" verzie PLC, ale vzniká problém so servisom. V prípade poruchy jednej z jednotiek môže byť nefunkčná, bez problémov, nahradená funkčnou. V prípade rôznych typov táto zámena nie je možná. Jednotky medzi sebou komunikujú po Ethernete rýchlosťou 100 Mbit/s. V prípade nutnosti môžeme jednotky rozšíriť o sériové komunikácie RS-232 alebo RS-485. Prenos informácií o aktuálnej osvetlenosti do prevodníkov DALI prebieha po zbernici CIB rýchlosťou 19,2 kbit/s. Na zbernicu CIB je tiež pripojený senzor osvetlenosti kompatibilný s PLC. [13]



Obrázek 1.25: Riadiaca jednotka CP-1006 [13]

4.2 Prevodník na komunikačné rozhranie

Prevodník C-DL-0064M je pripojený na zbernicu CIB spolu s PLC a senzorom osvetlenosti. Modul je určený pre riadenie elektronických predradníkov LED svetidiel a ďalších stmievačov na po zbernici DALI podľa špecifikácie *NEMA Standards 243-2004 časť. 2-2004*. Prevodník umožňuje riadiť nezávisle 64 predradníkov. [14]



Obrázek 1.26: Schéma zapojenia prevodníku C-DL-0064M [14]

4.3 Modul snímača vonkajšieho osvetlenia

Kombinovaný snímač C-RI-0401I teploty a osvetlenia sa pripája na zbernicu CIB. Modul je vo vyhotovení IP54 určený pre inštaláciu na fasádu objektu. Modul sa pripája dvojvodičovo. Rozsah 0 - 50 klx a teplota Pt1000 (-90 .. 320°C) [15]



Obrázek 1.27: Snímač C-RI-0401I [15]

4.4 Zvodič prepätia

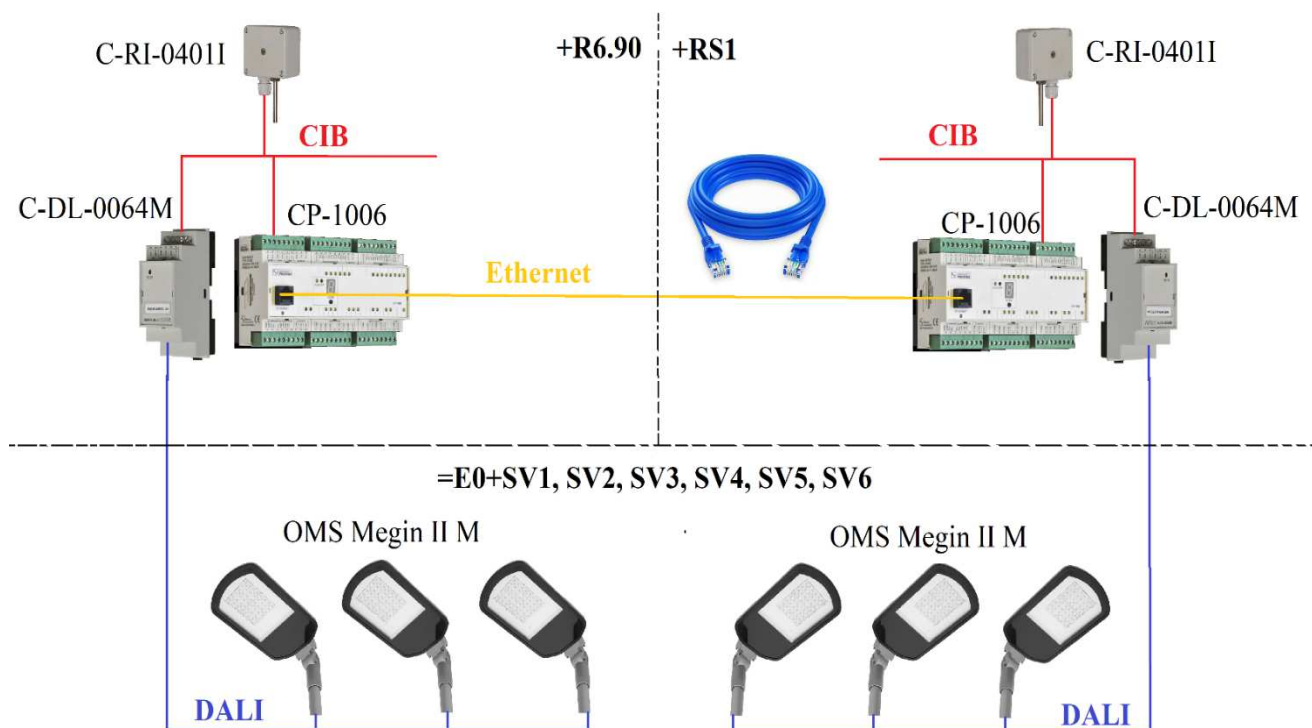
Zvodič prepätia ZS-1 275 DS RS TYP 2 + 3 od firmy Hakel chráni zariadenie iba do dĺžky 5 m vedenia a je určený pre ochranu LED svietidiel využívaných najmä pre pouličné osvetlenie, osvetlenie tunelov a objektov. Jeho hlavnou výhodou je, že účinne chráni silové prívody k svietidlu, ale taktiež aj dátové vodiče komunikačných liniek (DALI, protokol RS485.). Táto prepäťová ochrana je vyhotovená v prevedení IP40, čo znamená, že musí byť umiestnená v mieste bez prístupu vody, ako je napríklad stožiarová rozvodnica. [16]



Obrázek 1.28: Zvodič prepätia ZS-1 275 DS RS TYP 2 + 3 [16]

Popis technológie

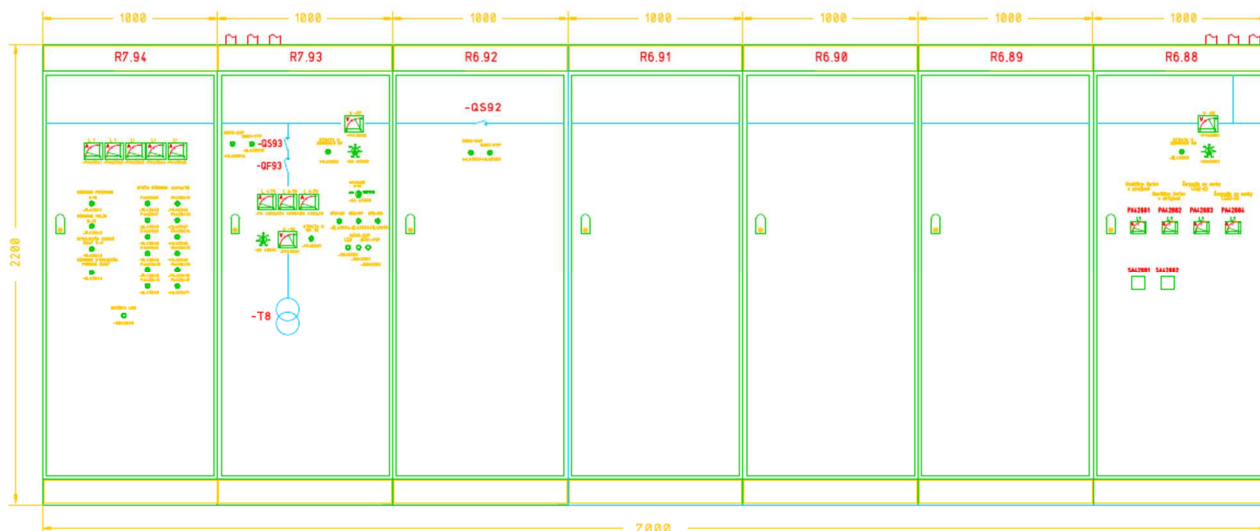
Prevádzku verejného osvetlenia budú ovládať dva PLC automaty (CP-1006) od firmy TECOMAT. Jeden bude umiestnený v budove elektrárne v rozvodni NN a druhý, kvôli eliminácii vzdialeností, v revíznej veži pri rozvodni 110 kV. Komunikácia medzi PLC bude realizovaná po ethernetete. Skutočné údaje v hodnote vonkajšej osvetlenosti budú zabezpečovať dva kombinované snímače osvetlenosti C-RI-0401I od firmy Tecomat, umiestnené na fasáde objektov. Snímače budú podporované astronomickými hodinami implementovanými v PLC automate. Manuálne zapínanie verejného osvetlenia bude možno pomocou ovládacích tlačidiel, umiestnených na dverách jednotlivých rozvádzačov. Systém je vybavený svetelnou indikáciou zapnutých segmentov a porúch. Podrobnejší popis sa nachádza v prílohe I. a technickej správe príloha G.



Obrázek 1.29: Základná topológia komunikácie

Svetelný rozvádzač +R6.90

Svetelný rozvádzač +R6.90 bude umiestnený v rozvodni nízkeho napätia nachádzajúcej sa v budove elektrárne. V poli, v ktorom je umiestnený, sa nachádzajú iba prípojnice, pripravené na pripojenie osvetľovacej technológie.



Obrázek 1.30: Dispozícia svetelného rozvádzača +R6.90 v rozvodni NN

Svetelný rozvádzač +RS1

Bude umiestnený v revíznej veži v zádverí ako samostatne stojaci rozvádzač rozmerov 1400x1000x400 mm od firmy Rittal. Elektrické zariadenia použité v rozvádzači sú popísané v prílohe I.

4.5 Popis technológie pre vonkajšie oplatenie

Rozvod elektrickej energie do stožiarov osvetlenia daného priestoru bude realizovaný z rozvádzača RS1 umiestneného v revíznej veži káblami CYKY-J 5x4. Osvetlenie oplatenia bude rozdelené na dve vetvy. Vetva „sever“ bude napájať vhodným rozfázovaním (striedanie L1, L2, L3) pripojených 18 svetelných zdrojov pozdĺž príjazdovej cesty k elektrárni. Druhá vetva „juh“ bude napájať príjazdovú cestu k revíznej veži a oplatenie smerom k priehradnému múru. Na tejto vetve bude vhodným rozfázovaním (striedanie L1, L2, L3) pripojených 14 svetelných zdrojov. Vo výkopoch spolu so silovým rozvodom bude vedený aj ovládací kábel pre severnú a južnú vetvu CYKY-J 3x2,5. Svetelné zdroje budú inštalované na stožiaroch vo výške 6m nad úrovňou terénu. Osvetlenie bude riadené kombinovaným snímačom osvetlenia (C-RI-0401I) v závislosti na úrovni intenzity okolitého svetla, spolu s astronomickými hodinami implementovanými v radiacej jednotke vonkajšieho osvetlenia (CP-1006). Kábel bude zaústený v stožiarnicovej svorkovnici spolu s prepäťovou ochranou ZS-1 275 DS RS TYP 2 + 3 chrániaca LED svetelný zdroj do 5 m vedenia.

4.6 Popis technológie pre rozvodňu 110kV

Rozvod elektrickej energie prevádzkového osvetlenia daného priestoru bude realizovaný z rozvádzača RS1 umiestneného v revíznej veži káblom CYKY-J 3x4. Svetelné zdroje budú umiestnené na portáloch VN vo výške 10 m nad úrovňou terénu. Daný typ osvetlenia bude spínaný manuálne

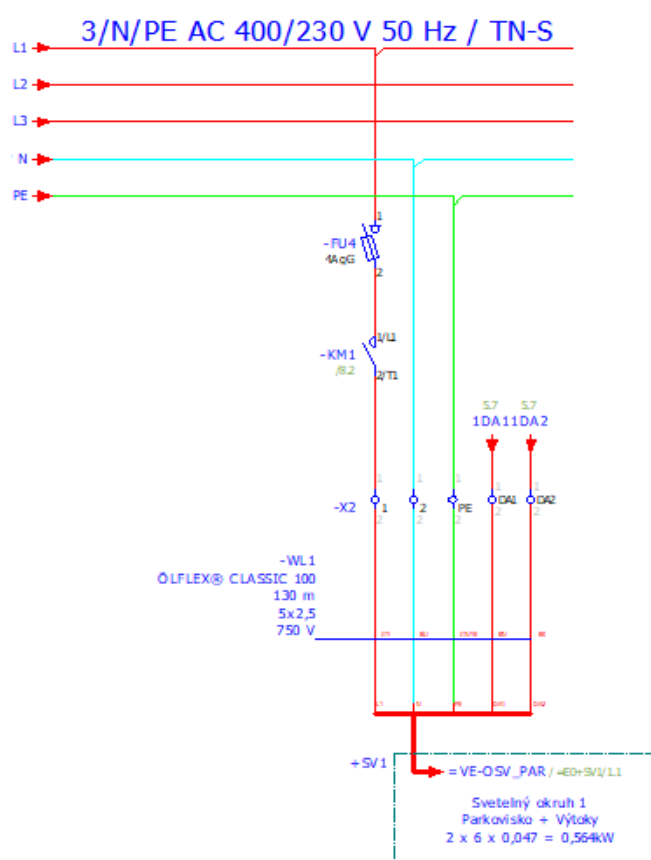
z rozvádzača podľa potreby obsluhy, s možnosťou ovládania jednotlivých svietidiel. Osvetlenie chodníkov rozvodne 110 kV bude realizované z rozvádzača RS1 umiestneného v revíznej veži káblom CYKY-J 5x2,5. Svetelné zdroje budú umiestnené na protipožiarňch stenách (prepážkach), oddeľujúce jednotlivé transformátory vo výške 4,5 m nad úrovňou terénu. Osvetlenie bude riadené kombinovaným snímačom osvetlenia (C-RI-0401I), v závislosti na úrovni intenzity okolitého svetla, spolu s astronomickými hodinami implementovanými v riadiacej jednotke vonkajšieho osvetlenia (CP-1006).

4.7 Popis technológie pre vtoky a mostovku

Rozvod elektrickej energie do stožiarov osvetlenia daného priestoru bude realizovaný z rozvádzača R6.90 káblom CYKY-J 5x2,5. V kábli bude vedené napájanie osvetlenia jednofázovo spolu s ovládaním so zbernicou DALI. Daný priestor bude osvetlený pomocou 8 svetelných zdrojov umiestnených na 4 stožiaroch s dvojíťmi výložníkmi vo výške 5 m nad úrovňou mostovky. Osvetlenie bude riadené kombinovaným snímačom osvetlenia (C-RI-0401I), v závislosti na úrovni intenzity okolitého svetla, spolu s astronomickými hodinami implementovanými v riadiacej jednotke vonkajšieho osvetlenia (CP-1006). Kábel bude zaústený v stožiarnicovej svorkovnici spolu s prepäťovou ochranou ZS-1 275 DS RS TYP 2 + 3 chrániaca LED svetelný zdroj do 5 m vedenia.

4.8 Popis technológie pre parkovisko a výtoky

Rozvod elektrickej energie do stožiarov osvetlenia parkoviska bude realizovaný z rozvádzača R6.90 káblom CYKY-J 5x2,5. V kábli bude vedené napájanie osvetlenia jednofázovo, spolu s ovládaním so zbernicou DALI. Parkovisko bude osvetlené 6 svetelnými zdrojmi umiestnenými na dvojramenných výložníkoch vo výške 5m nad úrovňou terénu parkoviska. Osvetlenie bude riadené kombinovaným snímačom osvetlenia (C-RI-0401I) v závislosti na úrovni intenzity okolitého svetla, spolu s astronomickými hodinami implementovanými v riadiacej jednotke vonkajšieho osvetlenia (CP-1006). Kábel bude zaústený v stožiarnicovej svorkovnici spolu s prepäťovou ochranou ZS-1 275 DS RS TYP 2 + 3 chrániace LED svetelný zdroj do 5m vedenia. Prepäťová ochrana bude tiež chrániť napájacie vedenie a ovládaciu zbernicu svetelných zdrojov osvetľujúcich oblasť výtokov. Výtoky budú osvetlené 6 svetelnými zdrojmi, umiestnenými na spoločných stožiaroch vo výške 8,85 m nad úrovňou osvetľovanej plochy, napájané spoločným káblom. Svetelné zdroje budú zapínané podľa požiadaviek na intenzitu osvetlenia daného priestoru.



Obrázek 1.31: Zapojenie vývodu na osvetlenie parkoviska a výtokov

5 Ekonomické zhodnotenie

Pri vytváraní ekonomického zhodnotenia som ako základ pre kalkuláciu využil program CENKROS4 od spoločnosti Kros a.s. Dňa 12. februára 2020 som absolvoval školenie a individuálne konzultácie, s odborníkmi na program, priamo v sídle firmy v Žiline. Nadobudnuté znalosti som využil pri vytváraní cenovej kalkulácie v prostredí študentskej verzie softvéru CENKROS4. [7]

5.1 Rozpočet

Rozpočet, alebo cenová kalkulácia, obsahuje práce nevyhnutne spojené s rekonštrukciou verejného osvetlenia. Demontáž súčasných stožiarov, vytýčenie nových stožiarov, betonáž pätiiek, prípravu kabeláže, ochranu voči atmosférickému prepätiu, inštaláciu svetelných rozvádzačov +R6.90 a +RS1, naprogramovanie riadiaceho software až po vytvorenie revíznej správy. Podrobný výkaz výmer a cien za dodávku a montáž sa nachádza v prílohe E.

Pôvodné osvetlenie

Predpokladáme, že doba zapnutia VO VE Nosice je približne 12 h denne počas celého roka. Ročne je to 4 380 h. Pre výpočet som stanovil cenu za elektrickú energiu 0,15 €/kWh.

Tabulka 1.18: *Sumár svietidiel pôvodného osvetlenia*

Počet kusov	Výrobca	Svetelný zdroj	P [W]
9	ELEKTROSVIT	Ortuťová výbojka	125
16	ELEKTROSVIT	Ortuťová výbojka	250

Celkový príkon svetelnej sústavy:	5,125 kW.
Celková ročná spotreba:	22 450 kWh.
Náklady na elektrickú energiu:	3367 € ročne.

Navrhované osvetlenie

Tabulka 1.19: *Sumár svietidiel navrhovaného osvetlenia*

Počet kusov	Výrobca	Svetelný zdroj	P [W]
57	OMS	LED	44
4	Phillips	Sodíková výbojka	400

Celkový príkon svetelnej sústavy:	2,679 kW .
Celková ročná spotreba:	11735 kWh.
Náklady na elektrickú energiu:	1760 € ročne (pri 100 % Em)

Stmieváním môžeme túto sumu redukovať až o 25 %. Záleží na aktuálnom počasí a meteorologických dejoch. Pre reálnejší výsledok rátame s hodnotou 18 %.

Náklady na elektrickú energiu regulovaním sv. toku:	1443 € ročne (pri 82 % Em)
---	----------------------------

Tabulka 1.20: *Energetické náklady*

	Príkon [kW]	Spotreba p.a. [kWh]	Náklady (0,15€/kWh)	Náklady za 20 rokov
Súčasná sústava	5,125	22 450	3 367,00 €	67 340,00 €
Navrhovaná sústava	2,679	11735	1 443,00 €	28 864,00 €
Úspora elektrickej energie za časové obdobie 20 rokov				38 476,00 €

Servisné náklady

Tabulka 1.21: *Servisné náklady - pôvodná osvetľovacia sústava*

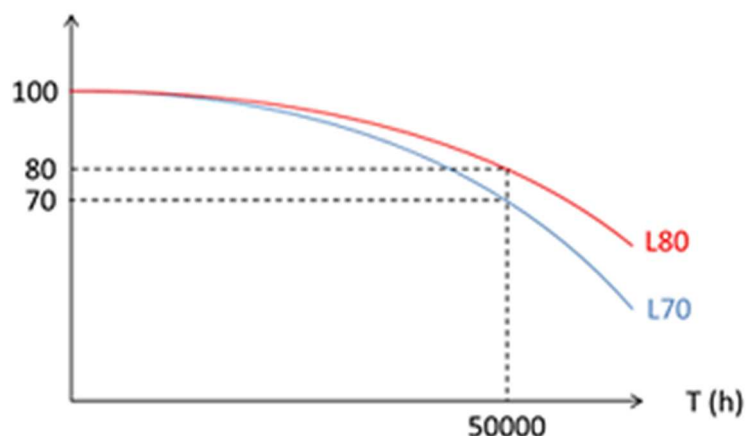
Svetelný zdroj	Počet zdrojov	Čas servisu	Cena	Náklady za 20 rokov
Ortuťová výbojka 250 W	16	16 000 h (pri 50% poruchovosti)	12,70 €	510,00 €
Ortuťová výbojka 125 W	9	16 000 h (pri 50% poruchovosti)	6,50 €	150,00 €
Servisné práce	Výmena 5 svetelných zdrojov za rok	1 h	8,00 €	800,00 €
Servisné náklady za časové obdobie 20 rokov				1 460,00 €

Tabulka 1.22: *Servisné náklady - navrhovaná osvetľovacia sústava*

Svetelný zdroj	Počet zdrojov	Čas servisu	Cena	Náklady za 20 rokov
LED 44 W	53	100 000 h L90B10*	272,50 €	545,00 €
Sodíková výbojka 400 W	4	36 000 h (pri 50% poruchovosti)	23,40 €	0,00 €
Servisné práce	Výmena 2 svetelných zdrojov za 20 rokov	1 h	20,00 €	40,00 €
Servisné náklady za časové obdobie 20 rokov				585,00 €

* L90B10 znamená, že po 50 000 h prevádzky bude 10 % LED svietidiel svietiť na 90 % menovitej hodnoty

V servisných nákladoch je zohľadnená výmena svetelných zdrojov podľa stanovených servisných intervalov a reálnych porúch. Celková úspora platí v prípade zachovania súčasných cien za materiál a prácu.



Obrázek 1.32: Skutočná životnosť LED svetelného zdroja

Tabulka 1.23: Cenová kalkulácia návratnosti

Počiatkové náklady na nové VO	56 349,76 €
Ročná energetická úspora	1 924,00 €
Ročná servisná úspora	43,75 €
Ročná celková úspora	1 967,75 €
Pozn.: Ceny sú uvedené bez DPH	

Kalkulácia uvedená v *Tabuľke 1.23* je prijateľná za predpokladu vyhotovenia komplet novej inštalácie verejného osvetlenia. Návratnosť je počítaná z usparených prostriedkov za energiu a servis inštalácie. Nakoľko však pôvodná inštalácia vykazuje havarijný stav, rekonštrukcia je nevyhnutná. Pre objektívnu kalkuláciu návratnosti musíme urobiť porovnanie inštalácie klasickým spôsobom (sodíkové výbojky) a inštalácie s LED riadením. Pre porovnanie nahradím navrhované LED svietidlá sodíkovými výbojkami s výkonom 150 W.

Tabulka 1.24: Cenová kalkulácia návratnosti porovnaním sodíkových a LED svietidiel

Počiatkové náklady na nové VO (LED)	56 349,76 €
Počiatkové náklady na VO (Výbojkami)	44 904,34 €
Úspora počiatkových nákladov	11 445,42 €
Ročná energetická úspora	4 174,35 €
Ročná servisná úspora	86,05 €
Ročná celková úspora	4 260,55 €
Návratnosť	3 roky
Pozn: Ceny sú uvedené bez DPH	

Záver

Cieľom tejto diplomovej práce bolo popísať činnosť spojenú s rekonštrukciou verejného osvetlenia vodnej elektrárne Nosice patriacej Slovenským elektrárnám a.s. Po stretnutí s investorom a dohodnutí si podmienok spolupráce a vypracovania diplomovej práce sme sa zhodli, že je nevyhnutné vykonať meranie súčasných svetelných podmienok na osvetľovaných priestoroch, ktoré sú detailnejšie popísané v druhej kapitole. Ako sme predpokladali žiaden z osvetľovaných priestorov nespĺňal normatívne požiadavky. Nefunkčnosť je spôsobená najmä vekom osvetľovacej sústavy. V úvodnej časti tejto práce je popísaná teória svetelnej techniky, používaná pri projektovaní verejného osvetlenia.

V nasledujúcej časti je popísaný návrh svietidiel verejného osvetlenia. Návrh popisuje vybudovanie 61 ks svetelných bodov pre verejné osvetlenie Vodnej elektrárne Nosice. Navrhované osvetlenie bude umiestnené na stožiaroch s prírubou LBH 5 - A P výšky 5 m v priestoroch parkoviska a mostovky s dvojíťmi výložníkmi SK 2/60 - 300/180 so svetidlom OMS Megin II M 44 W. Oplotenie bude osvetlené zo stožiarov LBH 6 - B výšky 6 m, bez výložníka, svetidlom OMS Megin II M 44 W so širokou vyžarovacou charakteristikou. V rozvodni 110 kV bude osvetlenie chodníkov realizované z výložníkov UDS 1 - 300 umiestnených na protipožiarnych prepážkach vo výške 4,5 m nad terénom. Prevádzkové osvetlenie polí rozvodne, bude osvetlené svetidlami Siteco SiCOMPACT A3 Maxi umiestnenými na portáloch VN vedenia, vo výške 10 m nad zemou s asymetrickou vyžarovacou charakteristikou a vysokotlakovým svetelným zdrojom HST 400 W, E27. Kalkulovaná návratnosť vypočítaná metódou porovnania klasickej inštalácie a inštalácie s LED riadením je 3 roky. Za predpokladu zachovania súčasných cien za energiu. Hlavnou výhodou novej osvetľovacej sústavy je najmä zníženie energetickej náročnosti z pohľadu prevádzkovateľa. Neoddeliteľnou súčasťou je tiež nízka ekologická záťaž, nakoľko LED svetelné zdroje neobsahujú žiadne toxické látky.

Pri vypracovávaní tejto diplomovej práce som tiež myslel aj na invencie, ktoré by sa mohli byť témou bakalárskej alebo diplomovej práce pre študentov nižších ročníkov. Jednou z nich je vypracovanie vizualizácie verejného osvetlenia s možnosťou zmeny svetelných scén, úpravy osvetlenosti podľa požiadaviek užívateľa, úprava harmonogramu svitu VO, nadväzujúca na koncept SmartCity. Software Mosaic je komplexný vývojový nástroj pre programovanie bežných aj náročných aplikácií systémov Tecomat. Mosaic umožňuje pohodlnú tvorbu a odladenie programov, rozsiahle projekty zahrňujúce veľké množstvo riadiacich systémov či vzdialených I/O modulov. Vzhľadom na to, že sú osvetľovacie stožiare nepretržite pod napätím, sú ideálnym miestom pre nové technológie. Napríklad zdrojom pre mobilné 5G siete, Li-Fi obsahujúce merače kvality ovzdušia, fotovoltacké panely. Vďaka potenciálnej výške stožiarov môžu byť na výložníkoch nainštalované kamery, ktoré by zvýšili bezpečnosť objektu.

Počas písania tejto diplomovej práce som si osvojil znalosti spojené s praktickým meraním skutočnej hodnoty vonkajšieho osvetlenia a taktiež vytvárania projektovej dokumentácie a vecí s tým spojených.

Použitá literatura

- [1] HABEL, Jiří. Světlo a osvětlování. Praha: FCC Public, 2013 ISBN 978-80-86534-21-3
- [2] HUŇAČKA, Jozef. Vodné elektrárne: VET. REPROS STUDIO TRENČÍN, 1992. ISBN 80-900441-8-2.
- [3] DVOŘÁČEK, Karel. Příručka pro zkoušky projektantů elektrických instalací. Třetí - aktualizované vydání. Pardubice: IN-EL, 2018. Elektro (IN-EL). ISBN 978-80-87942-38-3.
- [4] SOKANSKÝ, Karel. Světelná technika. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [5] ATP, Journal. Spínanie a istenie LED osvetlení [online]. 09.06.2017 [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: https://www.atpjournal.sk/rubriky/exkluzivne-clanky/spinanie-a-istenie-led-osvetleni.html?page_id=25047
- [6] DUBNIČKA, Roman. Vplyv LED osvetlenia na sieť, kompenzácia siete, istenie osvetľovacích LED sústav [online]. 08.11.2018 [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: https://www.sez-kes.sk/assets/files/obsah/64-49ko_Dubnicka.pdf
- [7] Příručka pre používateľov CENKROS 4 [online]. 2016 [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://www.kros.sk/kros-academy/prirucka-pre-pouzivatelov-cenkros-4/>
- [8] Návod pro WILS 7 [online]. Astra MS Software, 2018 [cit. 2020-04-30]. Dostupné z: <https://mail.astrasw.cz/cs/system/files/BuildingDesign.pdf>
- [9] SALTEK, s.r.o. Katalog: Ochrany před přepětím [online]. 2019 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://www.saltek.eu/sk/katalogy-brozury>
- [10] OMSLIGHTING. MEGIN II M: LED 4600lm/730 1x44W, DALI-EDO [online]. [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <http://www.omslighting.com/products/detail/E17ED2O1HLG8000>

- [11] SITECO. SiCOMPACT® A3 MAXI [online]. [cit. 2020-05-01].
Dostupné z: https://www.siteco.com/asset/emea_en/en/PDF/242543/5NA76901UB01.pdf
- [12] BLOG. [online]. [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://www.higarden.cz/blog/na-co-potrebuji-predradnik/>
- [13] TECO. Datasheet Tecomat Foxtrot CP-1006 [online]. [cit. 2020-05-04]. Dostupné z:
<https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-cp-1006>
- [14] TECO. Datasheet Převodník na sběrnici DALI C-DL-0064M [online]. [cit. 2020-05-04].
Dostupné z: <https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-c-dl-0064m>
- [15] TECO. Datasheet C-RI-0401I [online]. [cit. 2020-02-04]. Dostupné z:
<https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=foxtrot-cz-c-ri-0401i>
- [16] HAKEL. ZS-1 275 DS RS [online]. [cit. 2020-01-05]. Dostupné z:
<https://katalog.hakel.cz/produkty/zs-1-275-ds-rs/>
- [17] TESÁŘ, Jiří a členové SRVO. Jak projektovat veřejné osvětlení [online]. 2005 [cit. 2020-05-05]. Dostupné z: <http://www.artmetal-cz.com/dokumentyVO.html>
- [18] ČSN EN 12464-2. Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 2: Venkovní pracovní prostory. 2014.
- [19] ČSN CEN/TR 13201-1 Osvetlenie pozemných komunikácií – Časť 1:Návod pre výber tried osvetlenia. Praha: ÚNMZ, 2017
- [20] ULLMAN, I.: Technická norma TN/59/2016 REVIZE Č. 3. Venkovní a vnitřní osvětlení v objektech elektrických stanic přenosové soustavy. ČEPS, a.s., 2016

[21] RICE, Chistopher. [online]. 2017 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z:
<https://siliconlightworks.com/resoures/what-are-cob-leds>

Zoznam príloh

Príloha	Popis prílohy	Počet strán
Príloha A	Svetelne technická správa VO Nosice	7 x A4
Príloha B	Protokol o určení vonkajších vplyvov VE Nosice	5 x A4
Príloha C	Stožiare Amako s.r.o	5 x A1
Príloha D	Napät'ové pomery	7 x A4
Príloha E	Rozpočet VO Nosice	4 x A4
Príloha F	Stavebné výkresy	5 x A4
Príloha G	Technická správa	12 x A4
Príloha H	Svetelné výpočty BuildingDesing	40 x A4
Príloha I	Elektro-projekt verejného osvetlenia	48 x A4
Príloha J	Katalógové listy vybraných zariadení	13 x A4
Tabuľka I.	Namerané hodnoty súčasnej osvetlenosti	1 x A4

Tabuľka I.

Namerané hodnoty súčasnej osvetlenosti

Druh činnosti	Podľa normy ČSN EN 12464-2			Namerané a vypočítané hodnoty				
	Index podania farieb R_a	Osvetlenosť [lx]	Rovnomernosť U_0 [-]	Osvetlenosť [lx]	Rovnomernosť U_0 [-]	Neistota merania	Poznámka	Výsledok
Vonkajšie oplozenie (1)	20	10	0,4	$11,8 \pm 1,18$	$0,20 \pm 0,02$	$\pm 10 \%$	Osvetlenosť preukázateľne dodržaná, rovnomernosť nevyhovuje	NEVYHOVUJE !
Rozvodňa 110kV (2)	20	5	0,25	x	x	x	4 zo 4 svietidiel nesvieti	NEVYHOVUJE !
Parkovisko (3)	20	5	0,25	$2,51 \pm 0,251$	$0,12 \pm 0,012$	$\pm 10 \%$	Priemerná osvetlenosť nedodržaná, rovnomernosť nevyhovuje	NEVYHOVUJE !
Vtoky do turbín (4)	20	10	0,4	x	x	x	3 z 3 svietidiel nesvieti	NEVYHOVUJE !
Výtoky z turbín (5)	20	20	0,25	$3,67 \pm 0,367$	$0,36 \pm 0,036$	$\pm 10 \%$	Priemerná osvetlenosť nedodržaná, rovnomernosť dodržaná	NEVYHOVUJE !